



Kaskadikäyttö metsätalouden kestävyyden todentajana — esiselvitys

Arto Koistinen

Alkusanat

Metsäbiomassojen käytön kestävyys on noussut voimakkaasti julkiseen keskusteluun viime aikoina. Tähän on syynä ennakoitu puun käytön kasvu, kun puulla pyritään entistä enemmän korvaamaan uusiutumattomia raaka-aineita. Yhtenä kestävyyttä varmistavana tekijänä nähdään erityisesti EU:n piirissä metsäbiomassan ns. kaskadikäyttö, jossa materiaali hyödynnetään jalostuksen lisäksi uudelleenkäytön ja kierrätyksen muodostamissa ketjuissa.

Tähän julkaisuun on koottu ajankohtaisia kaskadikäytön määritelmiä ja tuotu esiin kaskadikäytön kytkentöjä biomassojen käytön kestävyYTEEN. Toivomme tämän auttavan kaskadikäytön periaatteen hahmottamisessa sekä mahdollisten vaikutusten arvioinnissa. Lisäksi työssä on kokeiltu Euroopan metsäinstituutissa (EFI) kehitetyn ToSIA-laskentamallin käyttöä metsäbiotalouden tuotantoketjujen kestävyysvaikutusten vertailussa, minkä toivomme edistävän kyseisen laskentamallin hyödyntämistä ja jatkokehitystä.

Julkaisu on jatkoa Metsien rooli EU:n biotalouden kehityksessä -julkaisulle, joka on ilmestynyt Tapion raporttina nro 2 (2015). Tapiossa työstä on vastannut projektipäällikkö Arto Koistinen ja työnjohdosta yksikön johtaja Jouko Lehtoviita. Projektipäälliköllä oli projektiin liittyen mahdollisuus osallistua Barcelonassa järjestettyyn Towards a Sustainable Bioeconomy -konferenssiin Barcelonassa 21.–22.10.2015.

Ellei toisin erikseen mainita, niin kaikki tulkinnot ja näkemykset ovat kirjoittajan. Samoin vastuu virheistä on tekijän.

Professori Risto Päivinen on antanut merkittävää apua työn eri vaiheissa, mistä hänelle suuret kiitokset. Parhaat kiitokset ToSIA-laskentamallin käytön opastuksesta kuuluvat tohtori Diana Tuomasjukalle. Kiitokset myös CASTLE-ohjelman johtajalle Tommi Suomiselle sekä tohtori Michael den Herderille.

Erityiset kiitokset myös maa- ja metsätalousministeriölle, jonka rahoituksella projekti on toteutettu, sekä metsäneuvos Liisa Saarenmaalle työn rahoittajatahon ohjaajana.

Helsingissä 8. tammikuuta 2016

Tapio Oy

Ritva Toivonen
Toimitusjohtaja

Koistinen, A. 2016. Kaskadikäyttö metsäbiotalouden kestävyiden todentajana – esiselvitys
Tapion raportteja nro 4.

© Tapio Oy

ISSN 2342-804X (pdf)
ISBN 978-952-5632-27-9

[http:// Tapio.fi/verkkojulkaisut](http://Tapio.fi/verkkojulkaisut)

Sisällys

Alkusanat	1
Sisällys	3
Tiivistelmä	5
1 Johdanto	7
1.1 Taustaa	7
1.2 Hankkeen tavoite	8
2 Kestävyyden todentamisen keinoja	9
2.1 Kestävä metsätalous	9
2.2 Puupohjaisten tuotteiden kestävän valmistuksen ja käytön elementtejä	10
3 Kaskadikäytön periaate ja sisältö	13
3.1 Kaskadikäytön taustaoletuksia ja määritelmiä	13
3.1.1 Kaskadikäytön suhde kierrätykseen ja resurssitehokkuuteen	16
3.1.2 Kaskadikäytön mittaaminen	19
3.1.3 Puuvirrat kaskadikäytön näkökulmasta	20
3.2 Politiikan keinoja kaskadikäytön edistämiseksi	22
3.3 Kaskadikäytön edistämisen vaikutuksia metsäbiotalouden toimintaympäristöön	23
4 ToSIA-laskentamalli kestävyyden todentajana	25
4.1 Yleistä mallista	25
4.2 Kestävyyteen kohdistuvien vaikutusten arviointi	27
4.3 Mallin soveltuvuus erilaisiin tarkasteluihin	28
4.4 Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa	29
4.4.1 Tuotantoketjut	29
4.4.2 Tulokset ToSIA-laskennasta	33
5 Johtopäätökset ja tarkastelu	38
5.1 Kaskadikäyttö kestävyyden näkökulmasta	38
5.2 ToSIA-laskentamallin soveltaminen	39
5.3 Case metsäenergia Pohjois-Karjalassa	40
Lähteet	41
Liitteet	47

Kuvat

1. Kestävyyden osa-alueet
2. Esimerkki kaskadikäytöstä ja kierrätyksestä
3. Kaskadikäytön suhde resurssi- ja materiaalitehokkuuteen
4. Puuvirrat Suomessa 2013
5. Puutuotteiden elinkaari
6. ToSIA-laskentamallin vaiheet
7. Energia- ja ainespuun korjuuvaihtoehdot
8. Prosessit ja tuotteet. Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa
9. Tuotantoketjujen euromääräinen arvo
10. Tuotantoketjujen työllisyysvaikutukset
11. Tuotantoketjujen ilmastopäästöt CO₂-tonneina
12. Eri ketjujen kestävyysindikaattoreiden suhteelliset arvot

Taulukot

1. Kaskadikäyttöön liittyviä käsitteitä
2. Esimerkki kaskadikertoimista

Tiivistelmä

Metsäbiotalouden kasvun välttämätön reunaehto on metsäbiomassojen kestävä käytön toteutuminen, mikä on myös pystyttävä todentamaan ja osoittamaan yleisesti hyväksyttyjen periaatteiden mukaan. Tähän toiminnan kestävyyskuuluva ekologinen, ekonominen ja sosiaalinen näkökulma.

Yhtenä kestävyttä edistävänä käytännön toimintatapana on nähty erityisesti Euroopan unionissa biomateriaalin kaskadikäyttö. Siinä materiaalin jalostuksella ja uudelleenkäytöllä pyritään saamaan aikaan mahdollisimman suuri hyöty ennen materiaalin mahdollista polttamista ja lopullista hävittämistä. Tätä hyötyä voidaan tarkastella samoista näkökulmista kuin kestävyttä.

Euroopan unionissa kaskadikäyttö on otettu mukaan suosituksena resurssitehokkuuden tavoittelussa. On todennäköistä, että suositukset tulevat heijastumaan myös käytännön toimintaan biotaloudessa esimerkiksi elinkeinotukien ohjaamisessa. Kaskadikäytön tulkinnat ja mittarit ovat kuitenkin vasta muotoutumassa. Suomen ja suomalaisten organisaatioiden on valmistauduttava biomassojen käytön kestävyys todentamiseen.

Tässä raportissa kuvataan kaskadikäyttöön ja siihen liittyvien muiden käsitteiden määritelmiä. Tällä hetkellä näkemykset kaskadin muodostumisesta ovat ristiriitaisia. Peruslähtökohtana on kuitenkin materiaalin siirtyminen tuotanto- ja tuoteketjussa. Tämä arvoketjujen sarja on ainakin periaatteessa kuvattavissa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että puuhun perustuvien tuotantoketjujen kaskadikäytön sisältö, määritelmät ja mittaamistavat eivät ole kansainvälisessä keskustelussa vakiintuneet. Selkeiden tunnuslukujen ja mittareiden puute tekee mahdollisen kaskadikäytön edistämisen ongelmalliseksi.

Todentamisen keinona kokeiltiin ToSIA-laskentamallia (Tool for Sustainability Impact Assessment), joka on tehty tukemaan päätöksentekoa metsään perustuvassa biotaloudessa. Laskentamallin avulla voidaan analysoida vaihtoehtoisten tuotantoketjujen käyttöönoton kestävyysvaikutuksia verrattuna nykytilaan alueellisella, kansallisella ja kansainvälisellä sekä yritystasolla.

ToSIA-laskentamallissa vaikutukset arvioidaan laskemalla kunkin ketjun osalta muutokset materiaalivirroissa ja kestävyys indikaattoreissa. Näin ToSIA-laskentamallia on mahdollista soveltaa myös kaskadikäytön analysointiin.

ToSIA-laskentamallin kokeilua varten toteutettiin suppea tapaustutkimus (case study). Siinä selvitettiin pieniläpimittaisen puun käytön vaikutuksia Pohjois-Karjalan alueella, kun tällaisesta puusta kilpailevat selluteollisuus ja lämmöntuotanto. Tapaustutkimuksessa pääpaino oli laskentamallin käyttökelpoisuuden selvittämisessä.

Tapauksetkimuksen mukaan korkeamman jalostusasteen sisältävä vaihtoehto lisäsi huomattavasti tuotannon rahallista arvoa eli tässä tapauksessa tuotteisiin sisältyviä tuotantokustannuksia. Tämä arvo toimi taloudellisen kestävyuden indikaattorina. Sosiaalisen kestävyuden indikaattorina käytettiin työllisyyttä. Siinä energiantuotanto oli suhteellisesti vahvempi kuin pääomavaltainen sellu- ja paperiteollisuus.

Ekologisen kestävyuden indikaattorina käytettiin ketjun tuottamaa hiilidioksidimäärää. Kaikissa tapauksissa ketju päättyi biomassan hyödyntämiseen lämpöenergiana ja valtaosa päästöistä syntyi vasta tässä vaiheessa. Kaskadin eli tässä materiaalin hyödyntämisketjun kasvattaminen lisäsi materiaalin kuljetusta ja siitä aiheutuvia päästöjä. Kuljetuksen osuus päästöistä oli kuitenkin laskelman mukaan varsin vähäinen. Kaskadikäytön lisääminen vähensi henkilötyövuotta kohti laskettuja hiilidioksidipäästöjä.

Näyttää siltä, että kaskadikäyttö toisi hyötyjä erityisesti, mikäli Pohjois-Karjalassa tuotettu paperi voitaisiin käyttää ja kierrätyksen jälkeen myös polttaa alueella. Käytännössä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, koska valtaosa tuotetuista paperista jatkojalostetaan ja käytetään alueen ulkopuolella.

Johtopäätöksenä on, että ToSIA-laskentamalli soveltuu hyvin erilaisten tuotantoketjujen kestävyysvaikutusten analysointiin. Tuotantoketjut voivat sisältää kaskadikäyttöä, jolloin tällaisen käytön kestävyysvaikutusta mitataan indikaattoreilla.

Esimerkissä kaskadikäytön tarkastelun rajaaminen maakuntatasolle heikensi arvion realistisuutta. Jatkoa ajatellen puun kaskadikäyttöä koskevat ToSIA-laskelmat lienee useimmissa tapauksissa tarkoituksenmukaisinta rajata vähintään valtakunnan tasolle mutta mieluiten esim. EU:n alueelle.

Mahdollisuus laajentaa tarkastelu myös kansainväliselle tasolle on huomattava ToSIA-laskentamallin etu. Merkittävä osa suomalaisesta tuotannosta käytetään muissa maissa. Kaskadin toteutumista ei ole tällöin mielekästä tarkastella vain kansallisesta näkökulmasta.

ToSIA-laskentamalli soveltuu tällä hetkellä parhaiten tutkijayhteisön käyttöön. Käytännön toimijoita ajatellen sen käyttöliittymää on vielä kehitettävä.

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Metsäbiotalouden kehityksen taustaoletus on taloudellisen toiminnan siirtyminen uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvaksi, kestäväällä tavalla toimien. Suomessa metsät ja metsäbiomassat ovat erityinen mahdollisuus. Siksi näiden kestävä, tehokas ja tarkoituksenmukainen käyttömahdollisuus on tarpeen turvata erityisen tarkasti muuttuvassa toimintaympäristössä.

Eräs merkittävästi ja kasvavasti suomalaisen metsäbiotalouden kehitykseen ja toimintaympäristön mahdollisuuksiin ja rajoitteisiin vaikuttava taho on Euroopan Unioni tavoitteineen, tukijärjestelmineen ja säädöspohjaisine rajoitteineen. Usein nämä kohdistuvat metsätalouteen ja metsiin perustuviin elinkeinoihin muiden politiikka-alojen, kuten maatalous-, maaseutu-, ympäristö- tai ilmasto- ja energiapolitiikan kautta.

Metsäbiotalouden kasvun välttämätön reunaehto on metsäbiomassojen kestävä käytön toteutuminen, mikä on myös pystyttävä todentamaan ja osoittamaan yleisesti hyväksyttyjen periaatteiden mukaan kotimaassa ja kansainvälisesti. Toiminnan kestävyys kuuluu ekologinen, ekonominen ja sosiaalinen näkökulma.¹ Kestävyyteen pyrkimisessä keskeisiksi käsitteiksi ovat muodostuneet kiertotalous, resurssi- ja materiaalitehokkuus, kierrätys, uudelleenkäyttö ja kaskadikäyttö.

Huolimatta siitä, että kaskadikäytön liittyvää tutkimusta ja mittareita on niukasti, komissio on sisällyttänyt kaskadikäytön suositeltuna tavoitteena mm. ILUC (Indirect Land Use Change) –direktiiviin. Em. direktiivin tarkoituksena on ehkäistä päästöjä, joita voi syntyä, kun olemassa olevaa maa- ja metsätalousmaata aletaan käyttää biopolttoaineiden raaka-ainetuotantoon.

EU-komission edustajat ovat useissa yhteyksissä ilmoittaneet, ettei sitovaa lainsäädäntöä kaskadikäytön noudattamisesta ole tulossa. Kuitenkin jo suositukset sekä periaatteen kytkeminen mm. resurssitehokkuuteen tulevat heijastumaan myös käytännön toimintaan biotaloudessa.

Kaskadikäytön tulkinnot ja mittarit ovat vasta muotoutumassa ja olemassa olevat mittaustavat perustuvat lähinnä Keski-Euroopan lähtökohtiin. Suomessa tarvitaan kansallisiin lähtökohtiin peilaavaa kattavaa tietoa kaskadikäytöstä, itse käsitteestä ja sen periaatteista sekä taustaoletuksista. Kaskadikäytön mitatuista eduista ja haitoista on oltava tietoa ja argumentteja, kun kansalliset näkökulmat tuodaan esille EU-tasolla. Tarvitaan myös mallinnustapoja ja mittareita, joilla kestävyyttä voidaan analysoida kaskadikäytön lähtökohdista ja arvioida objektiivisesti eri olosuhteissa.

¹ mm. Koistinen, A., Käär, L., Mäki, O. ja Tenhola, T. 2015. Metsien rooli EU:n biotalouden kehityksessä. Tapion raportteja nro 2. <http://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/metsien-rooli-eun-biotalouden-kehityksessa-2/>

Tämän selvityksen tarkoitus on vastata osaltaan näihin tietotarpeisiin tuomalla yhteenvedon kaskadikäyttöön liittyvistä käsitteistä ja taustaoletuksista sekä arvioimalla mahdollisuutta ToSIA-laskentamallin käyttöön kaskadikäytön kestävyyden mittaamisessa.

1.2 Hankkeen tavoite

Tässä raportissa esitellyn työn päätavoitteena on kaskadikäytön sisällön ja metsäbiotalouteen kohdistuvien vaikutusten arviointi esiselvityksen luonteisesti. Näin voidaan toisaalta varautua tulevaisuuden vaatimuksiin ja toisaalta valmistautua käyttämään hyväksi kaskadikäytön elementtejä, jotka tukevat metsäbiotaloutta.

Työ sisältää seuraavat osat:

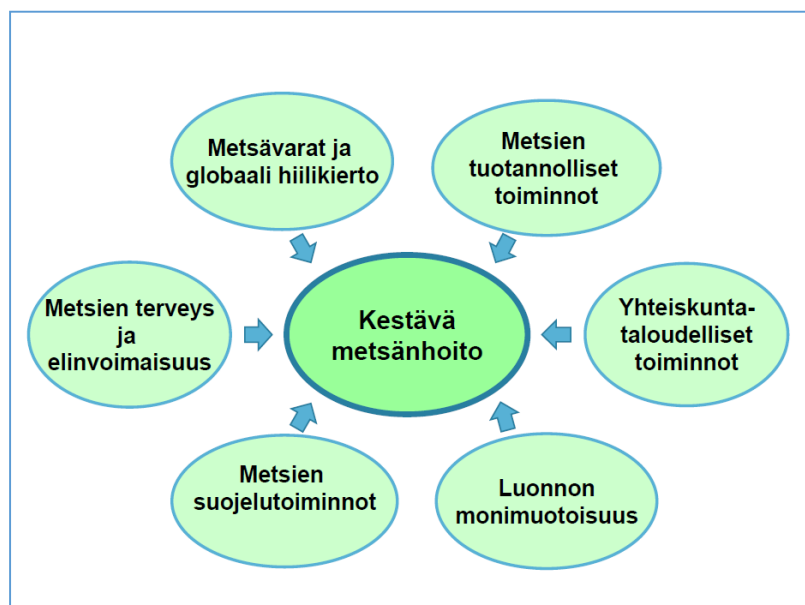
- 1) Analyysi, joka pohjautuu olemassa olevaa tutkimustietoon. Keskeisenä kysymyksenä ovat kestävyyden todentamisen keinot kaskadikäytön viitekehyksessä metsäbiomassojen osalta. Selvitys sisältää yhteenvedon kaskadikäytön käsitteestä, periaatteista ja taustaoletuksista.
- 2) Arvio ToSIA-laskentamallin soveltuvuudesta ja kehitystarpeista tähän tarkoitukseen etenkin Suomen olosuhteissa.
- 3) Kohtaan 2. liittyen arvio kestävyydestä yhdessä kaskadikäytön pilottitapauksessa, jonka aiheena on metsäenergia.

2 Kestävyyden todentamisen keinoja

2.1 Kestävä metsätalous

Yleiseurooppalaiset kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit perustuvat metsien kestävän hoidon ja käytön käsitteeseen, joka sisältää **ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen** kestävyyden. Yleiseurooppalaisissa kriteerit on luotu ja niitä kehitetään Forest Europe –prosessissa. Niissä kestävyyttä mitataan kuudella osa-alueella yhteensä 52 indikaattorilla.²

- 1) Metsävarojen ylläpito ja tarkoituksenmukainen lisääminen sekä niiden positiivinen vaikutus maailmanlaajuiseen hiilen kiertokulkuun.
- 2) Metsäekosysteemin terveyden ja elinvoiman ylläpito.
- 3) Metsien puun ja muun tuoton ylläpito ja tarkoituksenmukainen lisääminen.
- 4) Metsäekosysteemien luonnon monimuotoisuuden ylläpito, suojelu ja tarkoituksenmukainen lisääminen.
- 5) Metsien ympäristöä, erityisesti maaperää ja vesistöjä suojelevan vaikutuksen ylläpito ja tarkoituksenmukainen lisääminen.
- 6) Metsien muiden sosioekonomisten merkitysten ylläpito.



Kuva 1. Kestävyyden osa-alueet yleiseurooppalaisten kestävän metsätalouden kriteereiden mukaan. Lähde: Luonnonvarakeskus.

² Mitä ovat kestävän metsätalouden kriteerit ja indikaattorit? Luonnonvarakeskuksen verkkosivu.
<http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/criteria.htm>

Suomen metsien kestävyttä arvioidaan ja seurataan pääasiassa yleiseurooppalaisten kriteerien ja niiden toteutumista mittaavien indikaattorien avulla. Nämä on esitetty liitteessä 1A.

EU:n metsäkomitean asettama työryhmä esittää raportissaan, että metsätalouden kestävyiden määrittelyssä EU:n piirissä nojattaisiin edellä esitettyihin yleiseurooppalaisiin kriteereihin, joita tarvittaessa täydennetään³. Työryhmän kokoama lista kriteereiden avainindikaattoreista on liitteessä 1 B.

2.2 Puupohjaisten tuotteiden kestävän valmistuksen ja käytön elementtejä

Metsätaloudessa käytettävä kestävyiden kriteeristö on jossain määrin sovellettavissa puupohjaisten tuotteiden elinkaareen. Tämä kriteeristö ei kuitenkaan kata teollisten prosessien ja kulutuksen kestävyttä.

Yksinkertaisimmillaan kriteereinä ovat biodiversiteetti eli luonnon monimuotoisuus, kasvihuonekaasupäästöt ja työolot⁴. Arvioinnissa olisi voitava ottaa huomioon sekä uusiutuvien että uusiutumattomien luonnonvarojen käytön kestävyys. Biotalous kannalta on olennaista mm., että kriteerit mahdollistavat energia- ja muun käytön tasapuolinen arvioinnin.

Biomassan käytön kestävyttä on esitetty arvioitavaksi **resurssitehokkuuden** kautta Resurssitehokkuus ymmärretään EU-komission mukaan⁵ resurssien hyödyntämisenä, jossa vähemmällä resursseilla saadaan enemmän tuotoksia. Koska näin syntyy aiempaa enemmän hyödykkeitä vähemmällä panoksilla, kansantalouden tuotannon kokonaisarvo kasvaa.

Resurssitehokkuudessa otetaan huomioon sekä resurssin hankinta, kestävä käyttö että käytön hyödyt ja kustannukset. Resurssit puolestaan ymmärretään kansantalouden panoksiksi, jotka sisältävät niin fyysiset voimavarat kuin niitä tuottavat **ekosysteemipalvelutkin**.⁶

³ Sustainable Forest Management- Criteria & Indicators - Final report .Sanding Forestry Committee [EU] ad hoc Working Group. 30.7.2015.

http://ec.europa.eu/agriculture/forest/publications/pdf/sfcci-report_en.pdf

⁴ Fritsche, U. & Iriarte, L. 2014. Sustainability Criteria and Indicators for the Bio-Based Economy in Europe: State of Discussion and Way Forward. Energies 7: 6825-6836. www.mdpi.com/1996-1073/7/11/6825/pdf

⁵ Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. 20.9.2011.

http://www.motiva.fi/files/4882/Etenemissuunnitelma_kohti_resurssitehokasta_Eurooppaa.pdf

⁶ Ekosysteemipalveluiden arvo esim.: Kosenius, A-K., Haltia, E., Horne, P., Kniivilä, M. ja Saastamoinen O. 2013. Ekosysteemipalveluiden arvo? Esimerkkejä ja kokemuksia Suomen metsistä, soista, maatalousmaista ja sisävesistä. PTT raportteja 244. 103 s. <http://ptt.fi/wp-content/uploads/2014/02/rap244.pdf>

Taloudellisten hyötyjen saavuttamisen sekä ympäristökuormituksen vähentämisen ohella resurssitehokkuuden parantamisella pyritään myös vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä ja siten hillitsemään ilmastonmuutosta.⁷

EU:n tasolla **materiaalitehokkuutta** on käsitelty yleensä osana resurssitehokkuutta eikä materiaalitehokkuudelle löydy suoraa määritelmää Euroopan unionin dokumentaatiosta. Materiaalitehokkuus on määritelty tarkemmin mm. kansallisessa materiaalitehokkuusohjelmassa⁸, jossa sen todetaan yleensä tarkoittavan luonnonvarojen säästeliästä käyttöä toimijan tasolla, tehokasta sivuvirtojen hallintaa, jätteen määrän vähentämistä ja materiaalin kierrätystä elinkaaren eri vaiheissa. Lisäksi tavoitteena on vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia tuotteen koko elinkaaren aikana.

Ko. ohjelman mukaan materiaalitehokkuus näkyy arvoketjun eri vaiheissa, raaka-aineen tuotannossa, jalostuksessa, kaupassa ja kulutuksessa sekä tuotteiden kestävyytenä tai uudelleenkäytön, kierrätyksen ja jätteen hyödyntämisen mahdollisuutena.

Resurssien oikea hinnoittelu johtaa resurssitehokkuuteen ja kestävyyteen. Markkinat ohjaavat pääsääntöisesti resurssitehokkuuteen, sillä resurssien tehokas hyödyntäminen on myös kilpailuetu. Markkinat eivät kuitenkaan ole täydelliset, joten toimintaan voi liittyä joidenkin resurssien tuhlailevaa käyttöä. Lisäksi jotkut resurssit, kuten ilma, ovat ilmaisia, mutta niillekin tulisi laskea hinta.

Materiaalin **uudelleenkäyttö** ymmärretään tavanomaisessa kielenkäytössä samaksi kuin kierrätys. Ne eivät kuitenkaan täsmällisesti ottaen tarkoita samaa asiaa⁹. **Kierrätyksestä** uudelleenkäyttö poikkeaa siinä, ettei materiaali muuta välillä koostumustaan, vaan se voidaan käyttää sellaisenaan¹⁰

⁷ Roadmap to a Resource Efficient Europe. Commission staff working paper. Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe Part II accompanying the document communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. 20.9.2011. http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/working_paper_part2.pdf

⁸ Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella – Työryhmän esitys Kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Konserni 33/2013 http://www.tem.fi/files/38426/TEMjul_33_2013_web.pdf

⁹ Päätelmät: Towards a Sustainable Bioeconomy. Innovative Methods and Solutions for the Agriculture and Forest Sectors. CASTLE Conference. Barcelona, 21.–23.10.2015.

¹⁰ Vis, M.W., Reumerman, P. & Gärtner, S. 2014. Cascading in the wood sector. BTG biomass technology group. B.V. http://www.platformhout.nl/Cascading_wood_sector_final_report_BTG_March_2014.pdf

- Kestävän metsätalouden yleiseurooppalaisiin kriteereihin sisältyvät ekologinen, sosiaalinen ja taloudellinen kestävyys, joita kuvaavat tietyt indikaattorit. Tämä kriteeristö ei kata puuhun perustuvien teollisten prosessien ja kulutuksen kestävyttä.
- Kestävyyden arvioinnissa olisi voitava ottaa huomioon sekä uusiutuvat että uusiutumattomat luonnonvarat.
- Biomassan käytön kestävyttä voidaan kuvata esimerkiksi resurssitehokkuudella, jonka avulla saadaan aiempaa enemmän hyödykkeitä vähemmällä panoksilla. Resurssit ovat kansantalouden panoksia, jotka sisältävät niin fyysiset voimavarat kuin niitä tuottavat ekosysteemipalvelutkin. Materiaalitehokkuus on resurssitehokkuuden osa, joka keskittyy materiaalin tehokkaaseen hyödyntämiseen.
- Resurssien oikea hinnoittelu johtaa resurssitehokkuuteen ja kestävyteen. Käytännössä markkinat ovat epätäydelliset, jolloin joidenkin resurssien käyttö voi olla tuhlailevaa.
- Uudelleenkäyttö poikkeaa kierrätyksestä siinä, ettei materiaali muuta välillä koostumustaan, vaan se voidaan käyttää sellaisenaan.

3 Kaskadikäytön periaate ja sisältö

3.1 Kaskadikäytön taustaoletuksia ja määritelmiä

Kaskadikäytöllä pyritään yleisesti ottaen materiaalin uudelleenkäyttöön ja näin syntyvään resurssitehokkuuteen. Sillä voidaan tarkoittaa myös muita ratkaisuja, joilla vähennetään päästöjä ja jätteitä. Kaskadikäytöllä on ajallinen ulottuvuus sekä arvo- ja käyttötarkoituserusteinen järjestys.¹¹

EU-komissio on korostanut metsäsektorilla tarvittavan resurssitehokkuutta (ks. kappale 2.2). Tällä on tarkoitettu myös metsän tarjoamien luonnonvarojen käyttöä kaskadikäytön periaatteen mukaisesti. Puuraaka-aineen kaskadikäyttö on jaettu viiteen eri kategoriaan tärkeysjärjestyksessä:

- 1) puuperäiset tuotteet
- 2) uudelleenkäyttö
- 3) kierrätys
- 4) bioenergia
- 5) poisheittäminen (disposal).

Tämä jako merkitsee sitä, että puuraaka-ainetta jalostetaan aluksi mahdollisimman pitkälle laadukkaiksi lopputuotteiksi. Näin pyritään saamaan raaka-aineelle korkea lisäarvo. Pitkä jalostusketju tukee useimmiten myös työllisyyttä. Lisäksi EU-komission tavoitteena on EU-alueen kilpailukyvyn parantaminen resurssitehokkuudella.

Kun lopputuotteen elinkaari päättyy, tuotetta pyritään hyödyntämään uudelleen jossain eri muodossa tai käyttötarkoituksessa. Uudelleenkäytön jälkeen tuote pyritään kierrättämään. Ellei tämä ole mahdollista, niin se voidaan hyödyntää bioenergiana. Näin vähennetään syntyvän jätteen määrää.

Energiakäytöllä pyritään välttämään tuotteen hävittämistä tai poisheittämistä, joka on viimeinen vaihtoehto tuotteen elinkaarella. Käytännössä viimeksi mainittu tarkoittaa jätteen sijoittamista esimerkiksi kaatopaikalle. Tarkasteluissa on yleensä jäänyt huomiotta, että puhdas puutuhka on mahdollista hyödyntää myös lannoitteena ja esimerkiksi täyteaineena tienrakennuksessa.

Biotalous kaskadikäytöllä on merkitystä myös hiilen sidonnalle. Kaskadikäytön mahdollinen hyöty syntyy siitä, että orgaaninen aines säilyy tuotteissa ja kaskadissa mahdollisimman pitkään.

¹¹ Mantau, U. 2012. Wood flows in Europe (EU27). Project report. Celle 2012, 24 s.

<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf>

Ongelmallista on, ettei kaskadikäytöstä ole selkeästi sovittua määritelmää. Yksi kuvaus kaskadikäytön periaatteesta on EU:n biotalousstrategiaan liittyvässä komission työpaperissa¹²:

Periaate merkitsee yhden tai useamman materiaalin käyttöä siten, että elinkaaren lopussa seuraa energiakäyttö polttamalla. Periaate ottaa huomioon myös käyttöön liittyvän kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemispotentiaalin. Tuotantoprosessin sivutuotteet ja jätteet käytetään muihin tuotantoprosesseihin tai energiaksi. Ks. liite 2 (1).

Muita määritelmiä ovat esimerkiksi:

Kaskadikäyttö tarkoittaa puuperäisten resurssien käyttöä useampaan kertaan hyödyntäen tähteitä, kierrätystä itse tuotannossa tai kierrätystä keräämällä käytetyt tuotteet.¹³ Ks. liite 2.(2).

Biomassan kaskadikäytön periaatteena on tuottaa ensiksi korkeamman lisäarvon tuotteita ja myöhemmin tuotantoketjussa energiaa.¹⁴ Ks. liite 2.(3)

Biomassan kaskadikäyttöä voidaan soveltaa, kun on olemassa järjestelmä, jossa biomassa etenee erilaisen materiaalikäytön kautta uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen, ennen kuin se lopulta käytetään energiantuotannossa.¹⁵ Ks. liite 2. (4).

Yksi ehdotus biomassan kaskadikäytön määritelmäksi on esitetty saksalaisen Nova-instituutin johtamassa hankkeessa.¹⁶ Siinä on lähtökohtana, ettei biomassan välitön energiakäyttö ole kaskadikäyttöä. Tässä määritelmässä erotellaan myös, missä vaiheessa biopohjainen tuote käytetään energiaksi. Ks. liite 2 (5).

- *Biomassan kaskadikäyttö on tapahtunut, kun biomassa on jalostettu biopohjaiseksi lopputuotteeksi ja tätä lopputuotetta on käytetty vähintään kerran joko materiaalina tai energiana.*

¹² Commission staff working document accompanying the document Communication on Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. 2012.

http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202_commission_staff_working.pdf

¹³ Mantau, U. 2012. Wood flows in Europe (EU27). Project report. Celle 2012, 24 s.

<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf>

¹⁴ Study on the Wood Raw Material Supply and Demand for the EU Wood-processing Industries (European Commission, Enterprise and Industry Directorate General) Indufor. 4.12.2013.

<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/11920?locale=fi>

¹⁵ Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B. & Panoutsou, C. 2012. Cascading Use: Biomass beyond the Energy Sector. 3/2012

http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP8/D8.4%20Cascading%20biomass%20uses.pdf

¹⁶ Essel, R., Breitmayer, E., Carus, M., Fehrenbach, H., von Geibler, J., Biengen, K. & Baur, F. 2014. Defining cascading use of biomass. Discussion paper. R&D-Project Increasing resource efficiency by cascading use of biomass - from theory to practice. Nova-Institut GmbH.

https://biomassekaskaden.de/wp-content/uploads/2014/04/14-03-14_Cascading_use_Discussionpaper.pdf

- *Biomassan kaskadikäyttö katsotaan yksivaiheiseksi (single-stage), kun biopohjainen lopputuote käytetään suoraan energiaksi.*
- *Biomassan kaskadikäyttö katsotaan monivaiheiseksi (multi-stage), kun biomassa on jalostettu biopohjaiseksi lopputuotteeksi ja tämä lopullinen tuote on käytetty ainakin kerran uudestaan materiaalina. Energiakäyttö on silloin sallittua vasta tämän jälkeen eli vähintään kahden materiaalikäytön jälkeen.*

Edellä mainitussa työssä on esitetty kysymys, voidaanko yksivaiheinen kaskadikäyttö yleisesti ottaen katsoa kaskadikäytöksi. Lisäksi kaskadikäyttö edellyttää määritelmän mukaan 'lopputuotetta'. Mahdollisia tuotannon välituotteita ei siten lueta kaskadin osiksi.

Hollantilaisessa tutkimuksessa¹⁷ kaskadi määrittyy kolmen eri tekijän suhteen, jotka ovat aika, arvo ja toiminta. 'Aika' kattaa materiaalien uudelleenkäytön, joka on kansainvälisesti yleisin tulkinta kaskadikäytöstä. 'Arvo' sisältää ajatuksen, että materiaalit tulisi käyttää siten, että syntyy suurin lisäarvo. Useimmiten tällä tarkoitetaan taloudellista arvoa, mutta täydentäjinä voivat olla sosiaaliset ja ympäristöarvot. 'Toiminta' tarkoittaa yhden biomassavirran hyödyntämistä monenlaisten materiaalien yhteistuotannossa, tyypillisesti ns. biojalostamoissa. Kaskadi on määritelty seuraavasti:

Kaskadi sisältää yhden tai useampia tuotteita, jotka tuottavat yhden tai useampia palveluja. Palvelut voidaan ilmaista toimintayksiköinä, jotka seuraavat toisiaan ajallisesti. Ks. liite 2 (6).

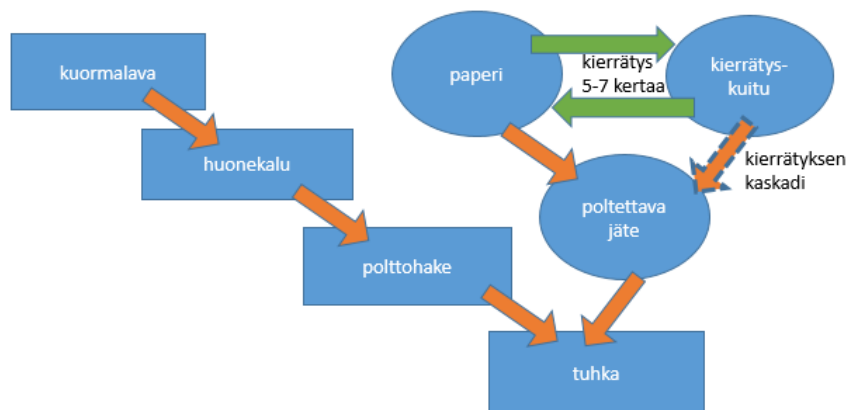
Kaskadikäytöksi on voitu tulkita myös puun käyttö muiden materiaalien korvaajana, jos se vähentää jätteiden syntyä ja ilmastopäästöjä. Fossiilisten polttoaineiden tai mineraalien korvaaminen puulla voitaneen nähdä myös tällaisena. Pelkkä materiaalin korvaaminen toisella ei kuitenkaan täytä kaskadikäytön yleisimpiä määritelmiä.

Yhteenveto kaskadikäyttöön liittyvistä käsitteistä on koottu taulukkoon 1, joka on luvun 3.1.1. lopussa.

¹⁷ Vis, M.W., Reumerman, P. & Gärtner, S. 2014. Cascading in the wood sector. BTG biomass technology group. B.V. http://www.platformhout.nl/Cascading_wood_sector_final_report_BTG_March_2014.pdf

3.1.1 Kaskadikäytön suhde kierrätykseen ja resurssitehokkuuteen

Kuten edellä todettiin (kappale 2.2) materiaalin uudelleenkäyttö ja kierrätys eivät täsmällisesti ottaen tarkoita samaa asiaa¹⁸. Uudelleenkäytössä materiaali ei muuta välillä koostumustaan, vaan se voidaan käyttää sellaisenaan¹⁹. Kierrätyksestä on sen sijaan esimerkiksi paperituotteiden kuitujen hyödyntäminen uuden paperin valmistuksessa. (kuva 2).



Kuva 2. Esimerkki kaskadikäytöstä ja kierrätyksestä. Kaskadikäyttö: oranssit nuolet, kierrätys: vihreät nuolet. Paperiteollisuudessa puukuitu on kierrätettävissä raaka-aineesta riippuen enintään 5–7 kertaa, minkä jälkeen se ei enää kelpaa paperin valmistukseen.

Kaskadikäytön määritelmässä (kappale 3.1) todettiin, että biomassan kaskadikäyttöä voidaan soveltaa, kun on olemassa järjestelmä, jossa biomassa etenee erilaisen materiaalikäytön kautta uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen, ennen kuin se lopulta käytetään energiantuotannossa. Tätä konseptia on sovellettu perinteisesti metsäsektorilla, jossa puuraaka-aine on hyödynnetty eri tavoin resurssina sellu- ja paperi-, puunjalostus- ja energiateollisuudessa.

Eri teollisuuden alat ovat osa kaskadia kierrättäessään materiaalia eri tuotantovaiheissa. Tällaista on esimerkiksi sahateollisuuden sivutuotteiden käyttö sellu- ja paperiteollisuudessa sekä tähän liittyvä paperin kierrätys²⁰. Kaskadikäytön periaate toteutuu erityisesti uusissa biojalostamoissa, joissa puubiomassasta jalostetaan rinnakkain erilaisia tuotteita.

¹⁸ Päätelmät: Towards a Sustainable Bioeconomy - Innovative Methods and Solutions for the Agriculture and Forest Sectors. CASTLE Conference. Barcelona, 21–23.10.2015.

¹⁹ Vis, M.W., Reumerman, P. & Gärtner, S. 2014. Cascading in the wood sector. BTG biomass technology group. B.V. http://www.platformhout.nl/Cascading_wood_sector_final_report_BTG_March_2014.pdf

²⁰ Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B. & Panoutsou, C. 2012. Cascading Use: Biomass beyond the Energy Sector. 3/2012 http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP8/D8.4%20Cascading%20biomass%20uses.pdf

Uudelleenkäyttöä ei lasketa EU-tasolla nykyisin mukaan kierrätystavoitteeseen, mitä pidetään Suomessa epäkohtana. Uudelleenkäyttö on useissa tapauksissa kierrätystä parempi vaihtoehto ympäristön kannalta ja se vaatii yleensä vähemmän resursseja. Komissiossa energiakäyttö on nähty ennen kaikkea tapana välttää kaatopaikkajätteen syntymistä eikä mahdollisuutena korvata fossiilisia energialähteitä.²¹

Resurssitehokkuudella (ks. kappale 2.2) ja kaskadikäytöllä ei ole esitetty olevan hierarkkista suhdetta toisiinsa. Kaskadikäyttö kytkeytyy kuitenkin tavoitteiltaan erityisesti materiaalitehokkuuteen ja siten myös resurssitehokkuuteen (kuva 3).

Kaskadikäyttö ei vielä sinällään todenna resurssitehokkuutta, mutta se voi olla yksi keino resurssien käytön tehostamisessa. Toisaalta itseisarvoinen pyrkimys kaskadikäyttöön voi jopa huonontaa tehokkuutta. Jokainen siirtyminen kaskadissa edellyttää lisäresursseja mm. tuotteiden kuljetukseen ja prosessointiin. Energiakäyttö polttamalla voi olla silloin tehokkaampaa resurssien käyttöä kuin materiaalin jalostus tai kierrätys.



Kuva 3. Kaskadikäytön suhde resurssi- ja materiaalitehokkuuteen.

Taulukkoon 1. on koottu kaskadikäyttöön liittyviä käsitteitä lukujen 3.1.1 ja 3.1.2 pohjalta. Käsitteitä on tarkasteltu biotalouden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta.

²¹ Koistinen, A., Käär, L., Mäki, O. ja Tenhola, T. 2015. Metsien rooli EU:n biotalouden kehityksessä. Tapion raportteja nro 2. <http://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/metsien-rooli-eun-biotalouden-kehityksessa-2/>

Taulukko 1. Kaskadikäyttöön liittyviä käsitteitä biotalouden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta.

Käsite	Kaskadi-käytössä	Mittari	Biotalouden kannalta	Ympäristövaikutukset
Biomassasta valmistettu lopputuote	Kyllä, mutta vain yhtenä vaiheena	Lopputuotteen määrä, esim. sitoutunut hiili	Välituotteita ei yleensä lueta kaskadiin. Raaka-aineen ja tuotteen raja toisinaan epäselvä.	Vaikutukset riippuvat tuotteesta ja tuotantotavasta.
Biomassasta valmistetun tuotteen uudelleenkäyttö	Kyllä	Uudelleenkäytön määrä (tuotteen kestoikä)	Uudelleenkäytön ja kierrätyksen ero on määritelty usein epäselvästi. Vähentää raaka-aineen tarvetta.	Yleensä myönteinen vaikutus: niukka resurssitarve, jatkaa tuotteen käyttöikä.
Biomassan kierrätys	Kyllä	Kierrätyskertojen määrä (materiaalin esim. puukuidun käyttöikä)	Uudelleenkäytön ja kierrätyksen ero on määritelty usein epäselvästi. Vähentää raaka-aineen tarvetta, jos käyttö ei kasva.	Yleensä myönteinen vaikutus, mutta resurssitarve vaihtelee. Käyttö pitkäikäisiin tuotteisiin tuo hyötyjä.
Biomassasta saatu energia	Kyllä, kaskadin lopussa	Poltosta saadun energian määrä	Yleensä viimeinen tuote, vaikka tuhkaa voidaan hyödyntää raaka-aineena ja esim. lannoitteena. Usein kaskadiin luetaan myös pitkälle jalostettujen biopolttoaineiden valmistus ja käyttö.	Voi korvata fossiilisia polttoaineita. Poltosta syntyy mm. hiilidioksidipäästöjä.
Energia suoraan metsästä korjatun puun poltosta	Ei	Poltosta saadun energian määrä	Joissakin tapauksissa ainespuuksi kelpaamattoman puun poltto luetaan osaksi kaskadia.	Voi korvata fossiilisia polttoaineita. Poltosta syntyy mm. hiilidioksidipäästöjä.
Uusiutumattoman materiaalin korvaaminen biomassalla	Ei suoraan, koska ei edellytä kaskadikäyttöä	Korvaavuuden vaikutus esim. päästöihin	Lisää bioraaka-aineen tarvetta.	Useimmiten myönteinen vaikutus, mutta edellyttää biomassan tuotannon ympäristöystävällisyyttä.
Resurssi-tehokkuus biomassan käytössä (materiaali-tehokkuus)	Ei, mutta yleensä tavoitteena	Käytetyt resurssit tuoteyksikköä kohti.	(Materiaalitehokkuus) vähentää raaka-aineen tarvetta, jos käyttö ei kasva.	Edistää haitallisten ympäristövaikutusten pienenemistä.
Biomassasta valmistetun tuotteen elinkaari	Ei suoraan, koska ei edellytä kaskadikäyttöä	Elinkaarianalyysi esim. tuotannon ja käytön aikaiset materiaaliveirrat, energiankulutus ja päästöt	Mahdollistaa eri tuotteiden keskinäisen vertailun ja auttaa valmistusketjujen valinnassa	Paljastaa vaikutusten kannalta kriittisiä kohtia.

3.1.2 Kaskadikäytön mittaaminen

Koska kaskadikäytön käsitettä ei ole määritelty yksiselitteisesti, ei ole myöskään yleisesti hyväksyttyjä tapoja puuperäisten tuotteiden kaskadikäytön toteutumisen mittaamiseen. Mittaamisessa on ehdotettu käytettäväksi tietojen yhdistämistä tuotteiden valmistusmääristä, elinkaarianalyseistä sekä raaka-ainelähteistä.

Yksi keino kaskadikäytön mittaamisessa on kaskadikerroin (Cascade factor). Se kertoo, kuinka paljon tuotetta on voitu valmistaa puuraaka-aineyksikköä kohti. Uudelleenkäyttö ja raaka-aineiden kierrätys kasvattavat kerrointa²².

Kaskadikertoimista on esimerkki taulukossa 2. Siinä ei ole eroteltu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Uudelleenkäyttö sisältyy siten kohtaan 'recycling'. Lähtökohtana laskelmassa ovat puuvirrat Euroopassa (EU27) vuonna 2010.

Taulukko 2. Esimerkki kaskadikertoimista (Cascade Factor). Jos käytetään vain suoraan puusta saatavia resursseja, kaskaditekijä on 1,00. Lähde: Mantau 2012.

UTILIZATION FACTORS		TOTAL WOOD RESOURCE BALANCE			WOOD INDUSTRY	
	2010	M m ³	Factor	Calculation	M m ³	Factor
A	wood resources from trees	577.1			368.4	
B	residues in wood products	72.9	1.13	(A+B)/A	72.9	1.20
C	residues in energy	103.4	1.18	(A+C)/A		
D	recycling in products	130.2	1.23	(A+D)/A	130.2	1.35
E	recovery in energy	24.4	1.04	(A+E)/A		
F	residue utilization	176.3	1.31	(A+B+C)/A		
G	recycl. + revoc. cascades	154.6	1.27	(A+D+E)/A		
H	cascades in products	203.0	1.35	(A+B+D)/A	203.0	1.55
I	resid. + recycl. in energy	127.9	1.22	(A+C+E)/A		
J	total cascades	330.9	1.57	(A+H+I)/A		

Kaskadikertoimet on mahdollista laskea erikseen metsäteollisuuden tuotteille (taulukko 1, oikeanpuoleisin sarake), koska teollisuus ei saa sivu- tai kierrätystuotteita energiasektorilta. Puun kaskadikäyttö tapahtuu lähes kokonaan metsäteollisuudessa, joten sille lasketut kertoimet poikkeavat vain vähän kokonaiskertoimista.

Euroopan (EU 27) puunkäytön kaskadikerroin 1,57 osoittaa, että puuresursseja on hyödynnetty runsaat puolitoista kertaa. Hakkuutähteiden suora energiakäyttö sisältyy laskelmaan. Suomen kaskadikerroin on näin laskettuna lähes sama eli 1,56.²³

²² Mantau, U. 2012. Wood flows in Europe (EU27). Project report. Celle 2012, 24 s.

<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf>

²³ Sokka, L., Koponen, K & Keränen J. T. 2015. Cascading use of wood in Finland – with comparison to selected EU countries. Research report VTT-R-03979-15. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-R-03979-15.pdf>

3.1.3 Puuvirrat kaskadikäytön näkökulmasta

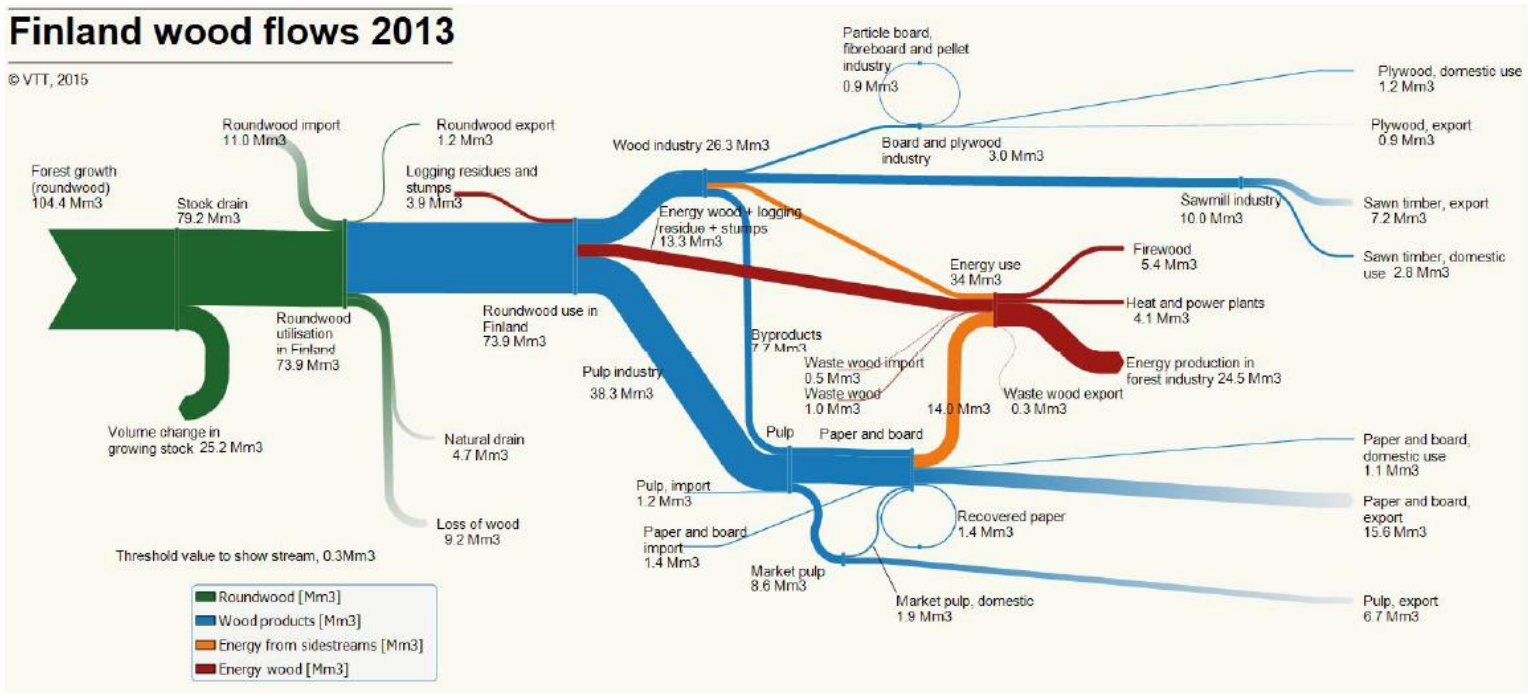
Puumateriaalin virtojen selvittäminen on välttämätöntä, kun halutaan selvittää kaskadikäyttöä. Lähtökohtana on raakapuu, josta jalostetaan erilaisia tuotteita ja materiaalin uudelleenkäytön ja kierrätyksen kautta edelleen uusia tuotteita. Yhtenä merkittävänä tuotteena on energia.

Jo pelkästään Suomen puumateriaalin virtojen esittäminen muodostaa monimuotoisen kaavion. Tarkempi, suomalaisen metsätalouden pohjalta tehty kaskadikäytön kuvaus vaatisi lisäksi vientiin menevien tuotteiden loppukäytön tarkastelua.

Puujätteestä noin kaksi kolmasosaa päätyy Tilastokeskuksen jätetilaston perusteella polttoon, jonka voidaan olettaa olevan nykyisin teknis-taloudellisesti kannattavin hyödyntämistapa. Aineskäytön osuus on noin kolmannes ja pysyvästi kaatopaikoille päätyy vain noin 0,2 prosenttia. Puujätteellä tarkoitetaan tässä käytöstä poistettua puuta, joka voidaan kierrättää tai vaihtoehtoisesti polttaa, jos se ei ole enää kierrätyskelpoista.²⁴

Finland wood flows 2013

© VTT, 2015



Kuva 4. Puuvirrat Suomessa 2013. Raja-arvo, jota suuremmat virrat esitetään, on 0,3 milj. m³. Tämän vuoksi esimerkiksi mäntyöljyn tuotanto ei näy kaaviossa. Lähde: VTT 2015.

²⁴ Pirhonen, I., Heräjärvi, H., Saukkola, P., Rätty, T., & Verkasalo, E. 2011. Puutuotteiden kierrätys. Metlan työraportteja 191. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp191.pdf>

VTT:ssä on tutkittu puuvirtoja Suomessa ja vertailumaissa kaskadikäytön näkökulmasta. Keskeisiä päätelmiä (käännös kirjoittajan):²⁵

1. Kaskadikäyttöä olisi tarkasteltava puunkäytön koko ketjun näkökulmasta
 - Metsäbiomassa on rajallinen luonnonvara. Sen käyttö sekä puukuitujen käyttöikä tulee optimoida.
 - Puuta tuottavien, neitseellistä kuitua tarjoavien maiden rooli on kuitenkin erilainen kuin kuluttajamaiden, joissa kierrätystä [uusiokäyttöä] on enemmän.
 - Kierrätyksen hyötyjä tulee punnita vertaamalla vaikutuksiin. Esimerkiksi jos puunjalostuksen sivutuotteita käytetään entistä enemmän biotuotteiden raaka-aineeksi, voi puuteollisuuden riippuvuus ulkoisista energialähteistä kasvaa.
2. Kaskadihierarkiaa olisi sovellettava harkitusti ottamalla huomioon kansalliset ja alueelliset olosuhteet
 - Kaskadikäytön määritelmä olisi otettava huomioon raaka-aineiden kierrätyksen tehokkuutta tarkasteltaessa. Esimerkiksi, jos kaskadikäyttö vaatii paljon energian ja muita ulkoisia panoksia, se ei ehkä hyödytä kokonaisuudessaan materiaali- ja energiatehokkuutta.
 - Mielekästä kaskadin pituutta saattavat rajoittaa esimerkiksi logistiikkaan liittyvät haasteet.
3. Kaskadikäytön periaate ei ole ainoa tapa varmistaa luonnonvarojen tehokas käyttö.
 - Myös muu materiaali- ja energiatehokkuus olisi otettava huomioon. Esimerkkinä on biomassan käyttö ns. biojalostamoissa, joissa biomassaa jalostetaan sekä erilaisiksi myyntikelpoisiksi tuotteiksi että energiaksi. Näin myös integroitujen tuotantojärjestelmien hyödyt tunnistettaisiin.
4. Tarvitaan yksimielisyys kaskadikäytön määritelmästä.
 - Jos kaskadikäytön periaatetta käytetään lainsäädännössä, yhteisymmärrys määritelmästä on tarpeen. Kansainvälistä keskustelua periaatteesta olisi sen vuoksi edistettävä, jotta ymmärrettäisiin alueelliset ja kansalliset erot.
 - Käytännössä voi olla hyvin vaikeaa löytää yhtenäistä puun kaskadikäytön periaatetta, joka johtaisi parhaisiin mahdollisiin ratkaisuihin olosuhteiltaan erilaisissa maissa.
 - Tiettyjen kaskadikiertojen hallinta voi olla erittäin haastavaa, koska biomassavirrat kiertävät useiden toimijoiden, sektoreiden ja maiden kautta.

²⁵ Sokka, L., Koponen, K & Keränen J. T. 2015. Cascading use of wood in Finland – with comparison to selected EU countries. Research report VTT-R-03979-15. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-R-03979-15.pdf>

3.2 Poliitiikan keinoja kaskadikäytön edistämiseksi

Kaskadikäytön toteutumista on esitetty edistettäväksi erilaisilla kestävyyskriteereillä sekä korkeampien biojalosteiden ja uusien tuotteiden tuotantoa edistävillä tukiohjelmilla. Kestävyyskriteereillä voitaisiin asettaa vaatimuksia jalostettavien tuotteiden raaka-aineille ja kierrätysmateriaalien käytölle. Ehdotettuja vaihtoehtoja kaskadikäytön lisäämiseksi²⁶:

- Investointi-, innovaatio- ja muut tuotekehitystuet
- Kannustintuet tuotantoon, nykyisten tukijärjestelmien uudelleenorganisointi
- Kilpailevien raaka-aineiden verotus, jolla tuetaan epäsuorasti kaskadikäytön mukaisesti valmistettuja tuotteita
- Velvoittava lainsäädäntö
 - o biomassojen käyttöön
 - o kierrätykselle.

Puuta jalostavan teollisuuden piirissä on pidetty ongelmallisena bioenergiatukien vääristävää vaikutusta puuperäisten raaka-aineiden markkinoihin. Tukien seurauksena suoraan energiakäyttöön on ohjautunut aiemmin jalostukseen käytettyjä jakeita. Osa eurooppalaisesta metsäteollisuudesta on tämän vuoksi tukenut kaskadikäyttöä edistäviä toimia.

Materiaalitehokkuutta ja kaskadikäytön periaatetta ajavia, velvoittavia ohjauskeinoja tai toimenpiteitä voisivat olla kriteerit täyttävien käyttötapojen tukeminen. *Tällä hetkellä näkemyksenä on, ettei suoria lainsäädännöllisiä velvoitteita kaskadikäyttöön ole tulossa EU:n alueelle.*²⁷ Ohjausta kaskadikäyttöön on kuitenkin jo esimerkiksi muutamissa Saksan osavaltioissa.

Esimerkkejä kaskadikäytön periaatetta toteuttavista politiikkatoimenpiteistä²⁸:

1. [Puun käyttöä ohjattaisiin lainsäädännöllisesti siten, että neitseellistä puuta, lukuun ottamatta hakkuutähteitä ja kantoja, ei saisi korjata energiakäyttöön.] Vrt. näkemys edellä.
2. Tuki bioenergian hankintaan ja tuotantoon suunnattaisiin siten, että se ei mahdollistaisi kuitupuumittaisen puutavaran käyttöä bioenergian tuotannossa.

²⁶ Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B. & Panoutsou, C. 2012. Cascading Use: Biomass beyond the Energy Sector. 3/2012

http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP8/D8.4%20Cascading%20biomass%20uses.pdf

²⁷ Osastopäällikkö Flor Díaz Pulido, EU-komissio, DG Grow, CASTLE conference: Towards a Sustainable Bioeconomy. Paneelikeskustelu. 22.10.2015. <http://www.castle-itn.eu/conference/>

²⁸ Koistinen, A., Käär, L., Mäki, O. ja Tenhola, T. 2015. Metsien rooli EU:n biotalouden kehityksessä.

Tapion raportteja nro 2. <http://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/metsien-rooli-eun-biotalouden-kehityksessa-2/>

3. Julkisten hankintojen toteutusta ohjeistettaisiin ottamaan huomioon myös hankinnan elinkaaren aikana syntyvät ilmastopäästöt. Linjauksella luotaisiin kysyntää uusiutuvista raaka-aineista tuotetuille tuotteille.
4. Metsäteollisuuden prosessitähteiden ja puuperäisten jätteiden jatkohyödyntämistä tuettaisiin tarjoamalla tukea kierrätysmateriaaleja hyödyntävien yritysten perustamiseen. Tuki lisäisi yritysten maksukykyä kierrätysmateriaaleista ja kannustaisi niiden logistiikan kehittämiseen.

3.3 Kaskadikäytön edistämisen vaikutuksia metsäbiotalouden toimintaympäristöön

Toteutuessaan kaskadikäyttö-periaatteen tukeminen vaikuttaisi biotalouden raaka-ainevirtoihin. Tämä korostuu tilanteissa, joissa biopohjaisella raaka-aineella on useita kilpailevia käyttötarkoituksia eikä kyseistä raaka-ainetta riitä niihin kaikkiin.

Kaskadikäytön periaatteen mukaista puuraaka-aineen tärkeysjärjestystä ei ole kuvattu tarkemmin EU-tasolla. Metsäbiotalouden tuotteiden ja palveluiden tärkeysjärjestys on erilainen eri maille ja eri toimijoille. Kukin päätöksentekijä tai kuluttaja arvottaa ne eri tavalla. Erityisesti biopolttoaineiden ja niiden raaka-aineiden kohdalla tilanne voi olla ristiriitainen. Ongelmallista voi olla esimerkiksi pitkälle jalostetun nestemäisen biopolttoaineen asemointi muihin tuotteisiin nähden.

Tukijärjestelmät vaikuttavat osaltaan raaka-ainevirtoihin ja niiden vaikutukset vaihtelevat kansallisesti tukijärjestelmästä ja muusta lainsäädännöstä riippuen. Euroopan komission työpaperissa²⁹ mainitaan bioenergian tuotantoon osoitettujen [kansallisten] tukien uudelleenkohdentaminen kaskadikäytön periaatteen mukaisesti yhtenä keinona parantaa resurssitehokkuutta. Mitään varsinaista sääntelyä ei tässäkään yhteydessä esitetä.

Puun suora energiakäyttö ja puulla tuotetun energian suosiminen nähdään useimmissa tapauksissa kaskadikäyttöperiaatteen kannalta ei-toivottavana. Suurempi jalostusarvo ei kuitenkaan heijastu suoraan puusta maksettavaan hintaan. Energian tuotantoon käytettävästä puusta voidaan jossain tapauksessa maksaa korkeampaa hintaa kuin massateollisuuteen menevästä. Jos puuraaka-aineen hinnan määrittäisi käyttö pitemmälle jalostettuihin tuotteisiin, syntyisi uudenlainen hintasääntely, joka vääristäisi puumarkkinoita.

Puun energiakäyttöä voi puoltaa esimerkiksi paikallisuus, jolloin kuljetus vie vähän resursseja. Lisäksi olisi otettava huomioon energiaomavaraisuus sekä aluetaloudelliset seikat, kuten työllistävyys. Paikalliset, puuta käyttävät lämpölaitokset tuovat työtä

²⁹ A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. Euroopan komissio 2013. Commission Staff Working Document Accompanying the document Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, , {COM(2013) 659 final}, {SWD(2013) 343 final}, Ref. Ares(2014)84312 - 16/01/2014.
http://ec.europa.eu/agriculture/forest/strategy/staff-working-doc_en.pdf

maaseudulle. Muuhun jalostukseen kelpaamattoman, suoraan metsästä saatavan metsäbiomassan energiakäytölle kaskadikäyttöperiaate ei kuitenkaan asettane rajoitteita.

Parhaimmillaan kaskadikäyttö tuo lisäarvoa puuraaka-aineelle. Suomella on suuri osuus eurooppalaisessa puuntuotannossa ja jalostuksessa, mutta tuotteiden loppukäyttäjät ovat suurelta osin muissa maissa. Kotimaisen metsä- ja puuteollisuuden tuotteiden vienti on merkittävää myös EU:n ulkopuolisiin maihin.

Suomessa lisäarvo syntyy hyödyntämällä puu mahdollisimman suuren jalostusarvon omaavien tuotteiden valmistuksessa. Sen sijaan kaskadin pituus tai monopolisuus ei tuo useinkaan lisäarvoa, koska vaikutukset kohdistuvat valtaosin vientituotteisiin. Niiden loppukäytöllä ei ole vaikutusta puumateriaalin suomalaiseen kaskadiin.

’Tuottajien’ ja ’käyttäjien’ intressit voivat olla erilaiset esimerkiksi uusiokäytön ja kierrätyksen järjestämisessä. Suomessa neitseellisen metsäbiomassan osuus tuotannossa on suuri. Vaikka kierrätyskuitua käytetään, kotimaisen kierrätyskuidun osuus jää melko alhaiseksi, koska sitä syntyy täällä niukemmin kuin väkimäärältään suuremmissa maissa.

- Biomassan kaskadikäytölle ei ole vakiintunutta määritelmää. Yleisperiaatteena on tuottaa biomassasta mahdollisimman korkean lisäarvon tuotteita. Biomassa etenee erilaisen materiaalikäytön kautta uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen, ennen kuin se lopulta käytetään energiantuotannossa.
- Koska vakiintunut määritelmä puuttuu, ei ole myöskään yleisesti hyväksyttyjä tapoja puuperäisten tuotteiden kaskadikäytön toteutumisen mittaamiseen.
- Yksi keino kaskadikäytön mittaamisessa on kaskadikerroin, joka kertoo, kuinka paljon tuotetta on voitu valmistaa puuraaka-aineyksikköä kohti. Uudelleenkäyttö ja raaka-aineiden kierrätys kasvattavat kerrointa. Kaskadikertoimesta ei voi suoraan päätellä käytön kestävyyttä.
- EU-tasolla on esitetty, ettei kaskadikäytöstä olla tekemässä sitovaa. Sitä kuitenkin suositellaan eri yhteyksissä, mikä heijastunee myös käytännön päätöksentekoon. Toimet voivat näkyä esimerkiksi uudelleenkäytön ja kierrätyksen tukemisessa.
- Suomessa lisäarvo syntyy hyödyntämällä puu mahdollisimman suuren jalostusarvon omaavien tuotteiden valmistuksessa. Sen sijaan kaskadin pituus tai monopolisuus ei tuo useinkaan lisäarvoa, koska vaikutukset kohdistuvat valtaosin vientituotteisiin. Niiden loppukäytöllä ei ole vaikutusta puumateriaalin suomalaiseen kaskadiin.
- Puun suora energiakäyttö nähdään kaskadikäytön kannalta ei-toivottuna. Se voi kuitenkin olla perusteltua sekä taloudellisesti että ympäristösyiden vuoksi. Pieniläpimittaiselle puun arvo jalostuksessa on useimmiten huono ja sillä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita.

4 ToSIA-laskentamalli kestävyiden todentajana

4.1 Yleistä mallista

ToSIA-laskentamalli (Tool for Sustainability Impact Assessment) on suunniteltu EU-hankkeessa EFORWOOD (2005–2010)³⁰. Se on tehty tukemaan päätöksentekoa metsään perustuvassa biotaloudessa. Laskentamallin avulla voidaan analysoida vaihtoehtoisia tuotantoketjuja verrattuna nykytilaan alueellisella, kansallisella ja kansainvälisellä sekä yritystasolla.

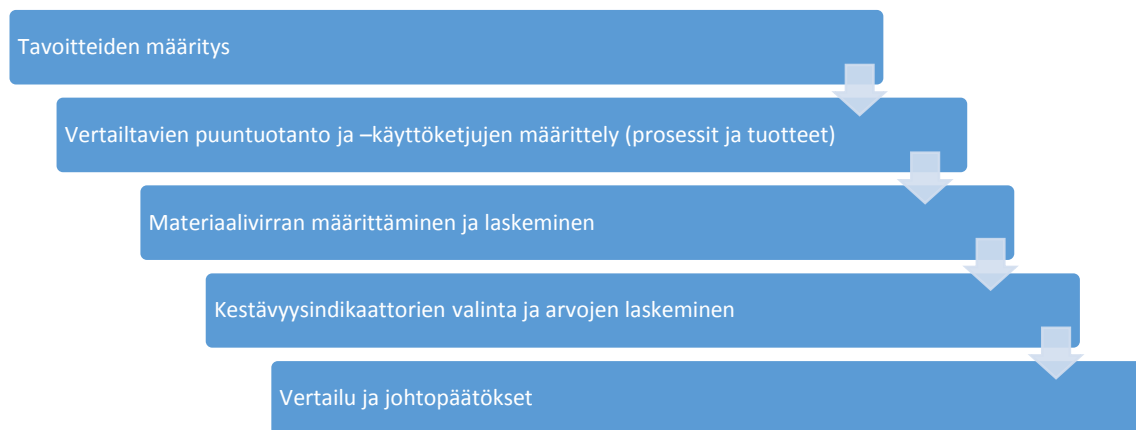
Laskentamallin käyttöä ja edelleen kehittämistä varten on olemassa TMUG-ryhmä (ToSIA Management and User Group), jonka koordinoinnista vastaa Euroopan metsäinstituutti (EFI). Mukaan pääsevät kaikki organisaatiot, jotka ovat kiinnostuneita käyttämään ja mahdollisesti myös parantamaan ToSIA-laskentamallia.³¹

Tarkastelussa ovat muutokset metsäperusteisten arvoketjujen ympäristö-, talous- ja sosiaalisissa vaikutuksissa. ToSIA-laskentamallin avulla voidaan arvioida vaihtoehtoisten ketjujen vaikutukset kestävyteen.



Kuva 5. Puuntuotteiden elinkaari. ToSIA-laskentamalli mahdollistaa tuotteiden koko elinkaaren tarkastelun.

ToSIA-laskentamallissa käytetty materiaalivirran yksikkö on hiilitonni. Laskentamallin käytön vaiheet on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. ToSIA-laskentamallin vaiheet. Esimerkkinä puuntuotanto ja -käyttö.

³⁰ Lindner, M., Suominen, T., Palosuo, T., Garcia-Gonzales, J., Verweij, P., Zudin, S. & Päivinen, R. 2009. ToSIA—A tool for sustainability impact assessment of forest-wood-chains.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380009005651>

³¹ <http://tosia.efi.int/tmug.html>

ToSIA-laskentamalli perustuu kolmeen käsitteeseen:

1. Vaihtoehtoiset prosessiketjut (lähtötilanne ja skenaariot)
2. Materiaalivirta ketjussa (esim. puu, puutuotteet) kaikki muunnettuna hiilitonneiksi.
3. Indikaattorit prosessia kohti ja indikaattorit kerrottuina materiaalivirralla.

Skenaariot

Skenaariot eivät ole ennusteita, vaan niitä käytetään luomaan johdonmukainen kuva mahdollisista toimintaympäristöistä tulevaisuudessa. Kussakin skenaariossa kehityksen oletetaan kulkevan määritettyjen ajureiden ohjaamina eri suuntaan. Toimintaympäristön muutoksilla perustellaan muutoksia prosessiketjuissa.

Materiaalivirrat

ToSIA-laskentamallissa seurataan materiaalin virtaa prosessin/prosessien alusta aina koko arvoketjun läpi. Tietojen yhtenäisyys varmistetaan tarkastamalla, että kussakin prosessissa materiaalin virtaus sisään ja ulos ovat tasapainossa. Materiaalivirtoja varten on kaksi mittayksikköä: orgaanisen hiilen pitoisuus materiaalissa (esim. puukuutiometrissä) ja alueella (esim. hehtaarilla).

Kestävyysskriteerit

Materiaalivirtoihin ja prosesseihin liitetään kestävyyskriteereitä, jotka ilmaistaan prosessin läpi kulkevaa materiaalivirtaa kohti.

Analysointityökalut

Monikriteerianalyysiä (MCA) käytetään arvioitaessa vaihtoehtoisten prosessiketjujen tuloksia. Tällöin yhdistetään ToSIAn tuottamat tulokset indikaattoreista ja sidosryhmien preferenssit indikaattorien välillä. Näin voidaan vertailla mm. tuotantokustannuksia, työllisyyttä ja kasvihuonekaasupäästöjä.

Kustannus-hyötyanalyysissä (CBA) verrataan kustannuksia ja rahassa mitattavia hyötyjä, jotka liittyvät investointihankkeen toteutukseen tai tiettyyn toimintapolitiikkaan.

4.2 Kestävyyteen kohdistuvien vaikutusten arviointi

Vaikutuksia kestävyteen on mahdollista mitata objektiivisesti vertaamalla nykytilaa vaihtoehtoiseen tilanteeseen (Kestävyyteen kohdistuvien vaikutusten arviointi SIA, Sustainability Impact Assessment). ToSIA-laskentamallissa vaikutukset arvioidaan laskemalla kunkin ketjun osalta muutokset materiaalivirroissa ja kestävyiden indikaattoreissa.³²

Indikaattorit voidaan määritellä ja valita siten, että ne soveltuvat kuhunkin haluttuun tarkasteluun. Mukaan voidaan ottaa myös laadullisia ja kulttuurisia indikaattoreita.

Mitattavissa olevien indikaattorien valinta vaikuttaa kokonaisuuteen, mikä on aina otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa. ToSIA-laskentamalli tuottaa tuloksia mukana olevien vaihtoehtojen keskinäisestä suhteesta.

Esimerkkejä ToSIA-laskentamallissa käytetyistä kestävyysindikaattoreista

Talous

- Bruttoarvonlisäys
- Tuotantokustannukset
- Luonnonvarojen käyttö
- Kokonaistuotanto
- Työn tuottavuus
- Investoinnit, tutkimus ja kehitys
- Kauppatase
- Elinkeinorakenne
- Karjatalouden tasapaino
- Porotalouden menetykset ja korvaukset
- Innovaatiot

Ympäristö

- Energian tuotanto ja käyttö
- Kasvihuonekaasupäästöt ja hiilivarastot
- Kuljetusetäisyys ja -määrä
- Metsäluonnon monimuotoisuus
- Metsävarat
- Veden ja ilman saastuminen
- Jätteiden syntyminen
- Metsätuhot
- Maaperän kunto
- Veden käyttö
- Ruoan etsimisen resurssit

Sosiaalinen

- Työllisyys
- Palkat
- Ammatillinen terveys ja turvallisuus
- Koulutus ja valmennus
- Kuluttajien käyttäytyminen ja asenne
- Yritysten sosiaalinen vastuu
- Julkisten metsäpalveluiden tarjonta
- Työpaikkojen laatu
- Virkistysarvot ja esteettiset seikat

³² Esim. Päivinen, R., Lindner, M., Rosén, K., Lexer, M.J., 2012: A concept for assessing sustainability impacts of forestry-wood chains. European Journal of Forest Research, 131, 7-19.

4.3 Mallin soveltuvuus erilaisiin tarkasteluihin

ToSIA-laskentamallia voidaan soveltaa kooltaan erilaisille alueille. Tarkastelut voivat vaihdella paikallisista kansainvälisiin arviointeihin ja yritystasolta yleisemmälle tasolle. Käyttäjä voi valita yksityiskohtien määrän tarpeittensa mukaan. Northern ToSIA projektissa on esimerkiksi tehty tapaustutkimuksia, joissa on tarkasteltu bioenergian tuotantoa, poronhoitoa³³, metsävarojen käyttöä sekä metsäteollisuutta ja matkailua.

Mallia on sovellettu eri puolilla Eurooppaa etenkin bioenergian käyttöön liittyvissä tapaustutkimuksissa. Näitä on tehty Suomen lisäksi mm. Italian³⁴ ja Saksan³⁵ alueella. Tutkimuksista on luettelo liitteessä 3.

Laskentamallia on käytetty mm. laajassa bioenergiaa ja monimuotoisuutta käsittelevässä BioE-BioD –hankkeen osatutkimuksessa, joka keskittyi puuntuotanto- ja käyttöketjuihin viidellä metsäkeskusalueella Itä-Suomessa (Kainuu, Pohjois-Karjala, Pohjois- ja Etelä-Savo sekä Kaakkois-Suomi).³⁶

Esimerkki hieman suppeammasta ToSIA-laskentamallin käytöstä on Pohjois-Karjalassa toteutettu tapaustutkimus, jossa arvioitiin lisääntyvän bioenergian tuotannon ja metsähakkeen käytön vaikutuksia kestävyysmittarein.³⁷ Tapauksina olivat fossiilisen öljyn korvaaminen alueellisesti puuenergialla sekä kahden erikokoisen lämpölaitoksen lämmöntuotannon vertailu.

Mallia voidaan soveltaa sekä alueelliseen kehittämiseen että metsäresursseja käyttävien yritysten omaan toiminnan kestävyiden arviointiin. Periaatteessa ToSIA-laskentamallia voi soveltaa miten laajalla alueella tahansa, mutta se edellyttää yhdenmukaista aineistoa. Laaja alue voi merkitä myös monimutkaisempia vaikutussuhteita, koska eri maiden paikalliset olot poikkeavat toisistaan.

³³ Esim. Berg, S., Valinger, E., Lind, T. Suominen, T. & Tuomasjukka, D. 2016. Comparison of co-existing forestry and reindeer husbandry value chains in northern Sweden. *Silva Fennica*, Vol. 50, No. 1 article id 1384.

³⁴ Martire, S., Tuomasjukka, D., Lindner, M., Fitzgerald, J. & Castellani, V. 2015. Sustainability impact assessment for local energy supplies' development – The case of the alpine area of Lake Como, Italy. *Biomass and Bioenergy*, Volume 83, December 2015, Pages 60-76.

³⁵ Wolfslehner, B., Bruchert, F., Fischbach, J., Rammer, W., Becker, G., Lindner, M. & Lexer, M.J. 2012. Exploratory multi-criteria analysis in sustainability impact assessment of forest wood chains – the example of a regional case study in Baden-Württemberg. *European Journal of Forest Research* 131(1), 47-56.

³⁶ den Herder, M., Kurttila, M., Leskinen, P., Lindner, M. & Haatanen, A. 2014. Bioenergiaa ja monimuotoisuutta vuonna 2020 ja sen jälkeen – bioE-bioD. Loppuraportti. European Forest Institute, Metsätutkimuslaitos & Ympäristökeskus.

http://www.efi.int/files/attachments/projects/bioenergia_ja_monimuotoisuutta_2020_bioebiodloppuraportti.pdf

³⁷ den Herder, M., Kolström, M., Lindner, M. Suominen, T., Tuomasjukka, D. & Pekkanen, M. 2012 Sustainability Impact Assessment on the Production and Use of Different Wood and Fossil Fuels Employed for Energy Production in North Karelia, Finland. *Energies* 2012, 5, 4870-4891. www.mdpi.com/journal/energies

Koska laskentamalli perustuu tuotantoketjuihin, sitä on mahdollista käyttää puun kaskadikäytön vaikutusten selvittämisessä. Laskentamallin käyttökelpoisuus tiettyyn tarkoitukseen ratkeaa mm. sen mukaan, miten hyvin indikaattoreihin on saatavilla aineistoa, miten hyvin kiinnostavat arvoketjut on kuvattavissa ja tarpeellista aineistoa on saatavissa ketjun kultakin vaiheelta.

Laskentamalliin on mahdollista ottaa mukaan myös kierrätyksen osuus eli esimerkiksi kierrätyspaperin käyttö paperin valmistuksessa. Prosessit voidaan rakentaa vastaamaan varsin tarkasti todellisuutta. Ongelmaksi voi muodostua monimutkaisten prosessien vaatima tieto materiaalivirroista ja niihin liittyvistä indikaattoreista.

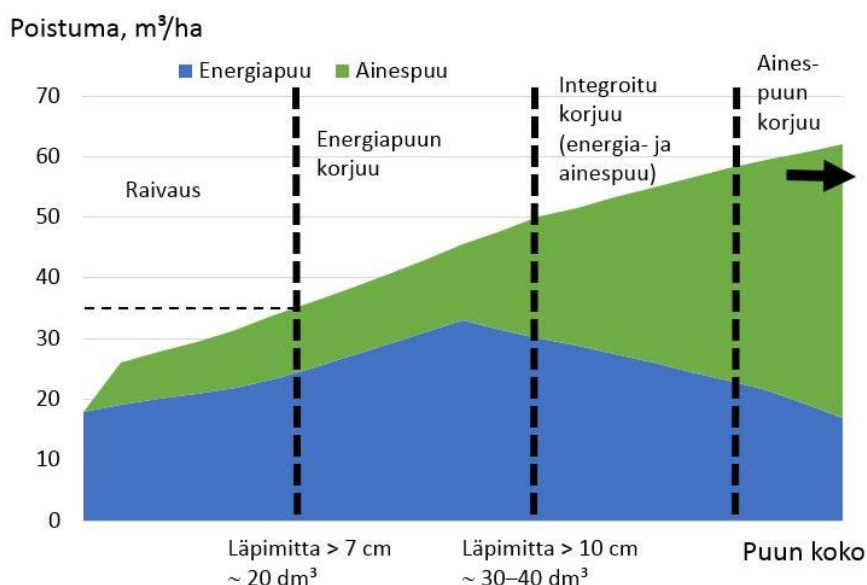
Mallin antamien tulosten perusteella päätelmät ketjujen taloudellisesta, ekologisesta tai sosiaalisesta kestävydestä riippuvat ketjujen määrittelyn ja indikaattoritiedon luotettavuudesta. Tulosten käyttökelpoisuutta lisää laskennan läpinäkyvyys eli laskennassa käytetyt arvot ja oletukset tuodaan selkeästi esille tulosten yhteydessä. Vaikka absoluuttisiin totuuksiin ei aina päästäkään, malli auttaa vaihtoehtojen kokonaisvaikutusten havainnollistamisessa ja arvioinnissa.

4.4 Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa

4.4.1 Tuotantoketjut

ToSIA-laskentamallin testausta varten toteutettiin tapaustutkimus, jossa selvitettiin pieniläpimittaisen puun käytön vaikutuksia Pohjois-Karjalan alueella, kun tällaisesta puusta kilpailevat selluteollisuus ja lämmöntuotanto. Esimerkki on viitteellinen ja sen tarkoituksena on ensisijaisesti kuvata laskentamallin käyttöä.

Pieniläpimittainen puu on huonompaa sellun valmistuksessa kuin hieman järeämpi puu. Puiden läpimitta on pieni ja puuaineksen kuidut ovat lyhempiä mutta selluprosessiin kelpaamatonta kuorta on sen sijaan enemmän. Todennäköisimmin lämmön- ja sähköntuotanto kilpailee selluteollisuuden kanssa puusta, jonka koko, ts. minimiläpimitta, on lähellä ainespuun alamittaa (kuva 7). Tämä raja vaihtelee markkinatilanteen mukaan.



Kuva 7. Energia- ja ainespuun korjuuvaihtoehdot. Kannattava energiapuun korjuu edellyttää, että puuta kertyy vähintään noin 35 m³/ha (vuonna 2015). Markkinatilanne vaikuttaa eri puutavaralajien kysyntään, jolloin katkoviivoin merkityt rajat voivat muuttua. Läpimitalla tarkoitetaan rinnankorkeusläpimittaa ($d_{1,3}$). Alkuperäisen kuvan lähde (korjuuvaihtoehdot): TTS.

Pieniläpimitaista puuta on oletettu korjattavan tässä tapauksessa 700 000 m³ vuodessa. Vaihtoehtoiset ketjut selvityksessä ovat:

1. Ei kaskadikäyttöä:
kaikki puu käytetään alueellisessa energiantuotannossa ('Energia 100')
2. Mukana kaskadikäyttöä:
30 % puusta käytetään sellu- ja paperiteollisuudessa ja loput alueellisessa energiantuotannossa. ('Energia 70 + paperi 30')

Ketjulle 2 laskettiin kolme vaihtoehtoa paperin kierrätyksen määrän mukaan:

- Ketju 2 a. 'ei kierrätystä'
- Ketju 2 b. 'pienempi kierrätys' = 20 %:n kierrätysaste
- Ketju 2 c. 'suurempi kierrätys' = 50 %:n kierrätysaste.

Näin muodostui neljä vertailtavaa ketjua. Ketjujen rakenne on esitetty kuvassa 8, josta ilmenevät prosessit sekä niiden input/output-tuotteet.

Prosessit ja ketjut muodostettiin käyttäen ToSIA Database Client –työkalua (ver. 7.0.0.0). Datan valmistelu ja ajot tehtiin varsinaisella ToSIA-ohjelmistolla.

ToSIA –laskelmassa käytetyt lähtöarvot pohjautuvat pääosin Pohjois-Karjalaa koskeviin tilastotietoihin vuosilta 2013–14. Joissakin tapauksissa on pohjatietoina käytetty valtakunnallisia keskiarvoja vastaavalta ajalta³⁸.

Haketuksen ja autokuljetuksen osalta on sovellettu Laitilan ja Väättäisen tutkimuksen lukuja vuodelta 2011.³⁹ Paperinvalmistuksen luvut ovat saatu Metsäteollisuus ry:n julkaisemista tiedoista.⁴⁰ Laskelmissa käytetyt arvot on esitetty liitteessä 3.

Tässä tapaustutkimuksessa käytettiin indikaattoreina seuraavia:

- taloudellinen kestävyys – tuotantokustannukset ('tuotannon arvo')
- sosiaalisen kestävyys - työllisyys
- ekologinen kestävyys - hiilidioksidipäästöjen määrä.

Laskelma antaa luvut yhden vuoden osalta. Lisäksi laskettiin suhteelliset (prosentuaaliset) arvot kestävyysindikaattoreille siten, että arvo 100 kuvaa 'parasta' vaihtoehtoa.

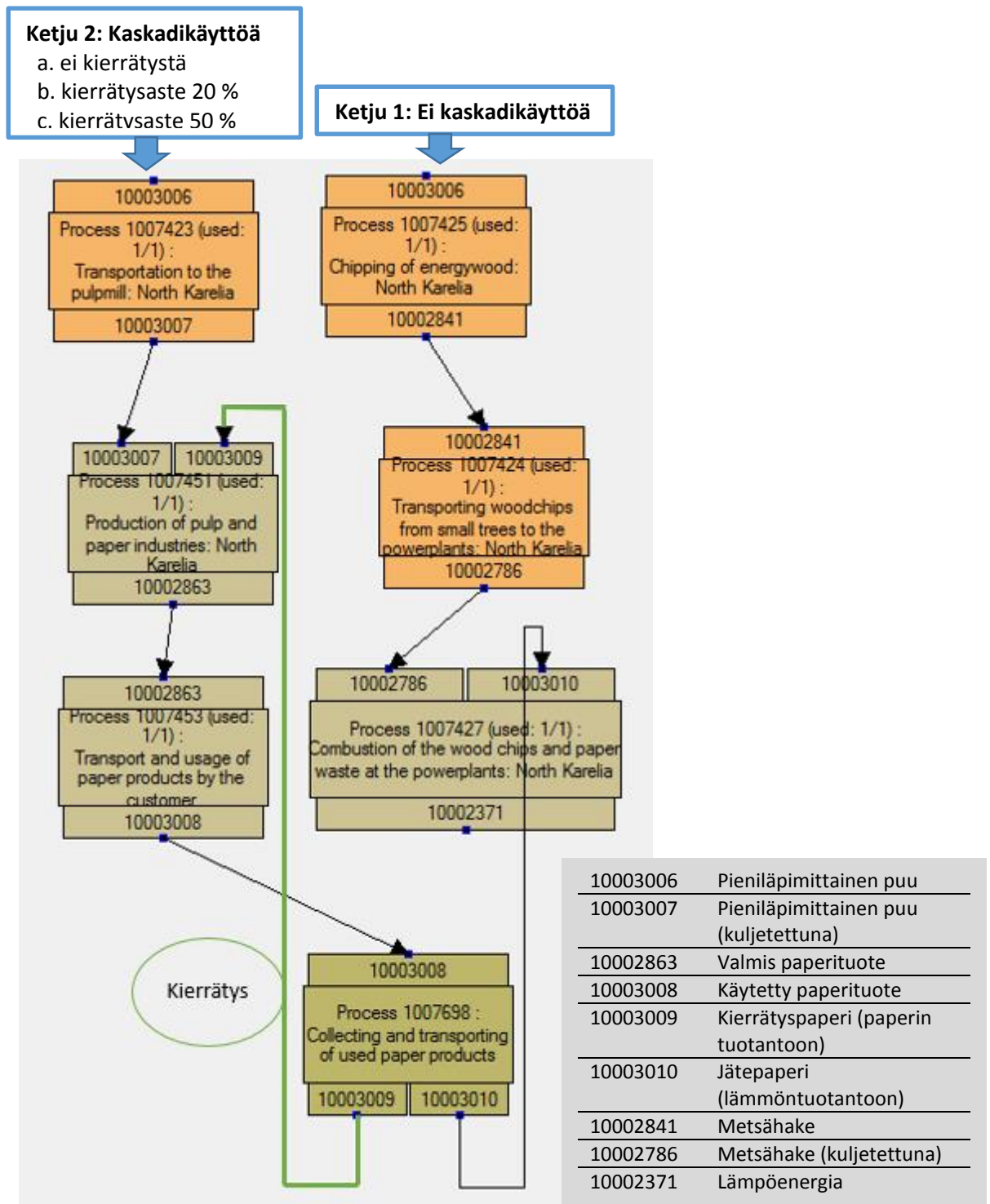
Valitut indikaattorit vaikuttavat tulokseen. Tapaustutkimuksen tuloksissa on otettava huomioon, että kutakin kestävyiden osa-aluetta tarkasteltiin ainoastaan yhden indikaattorin avulla. Jos eri ketjujen eroja halutaan selvittää tarkemmin, on indikaattoreiden määrää kunkin kestävyiden osa-alueen osalta lisättävä.

Saadun käyttökokemuksen perusteella prosessien ja ketjujen muodostaminen ToSIA Database Client –työkalulla ei ole kovin sujuvaa, mikä lisää virheriskiä. Itse ToSIA-laskennan teko on sen sijaan varsin helppoa.

³⁸ <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/index.html>

³⁹ Laitila, J. & Väättäinen, K. 2011. Kokopuun ja rangan autokuljetus ja haketustuottavuus. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011: 107–126. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff112107.pdf>

⁴⁰ <http://www.metsateollisuus.fi/tietoa-alasta/paperi-kartonki-jalosteet/paperi-ja-sellu/Paljonko-puuta-tarvitaan-paperiin---216.html>



Kuva 8. Prosessit ja tuotteet (ks. taulukko). Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa. Esimerkki on viitteellinen ja sen tarkoituksena on ensisijaisesti kuvata laskentamallin käyttöä. Kaskadikäyttö muodostuu sellu- ja paperiteollisuuden ketjusta.

4.4.2 Tulokset ToSIA-laskennasta

ToSIA-laskennan tulokset osoittavat, että tuotantoketjujen vaikutukset kestäväyyteen poikkeavat toisistaan tässä tarkastelussa käytetyillä indikaattoreilla. Suurin ero syntyi talouden osalta. Puun jalostaminen paperiksi tuotti suuret tuotantokustannukset verrattuna sen polttamiseen (kuva 9). Tuotantokustannukset ilmentävät tässä tuotannon rahallista arvoa, joka nousee jalostusasteen kasvun myötä. Oletuksena on, että ketjut ovat taloudellisesti kannattavia.

Sosiaalisia vaikutuksia ilmentävään työllisyyteen puunjalostus paperiksi toi selvästi pienemmän lisän kuin tuotannon arvoon. Tässä energiantuotanto oli suhteellisesti vahvempi kuin pääomavaltainen sellu- ja paperiteollisuus (kuva 10). Arvot ovat suuntaa-antavia.⁴¹

Pienin ero ketjujen vaikutuksista kestäväyyteen oli tässä tapauksessa ympäristön osalta (kuva 11). Ekologisen kestäväyyden indikaattorina käytettiin ketjun tuottamaa hiilidioksidipäästöjen määrää. Kaikissa tapauksissa ketju päättyi biomassan hyödyntämiseen lämpöenergiana ja valtaosa päästöistä syntyi vasta tässä vaiheessa.

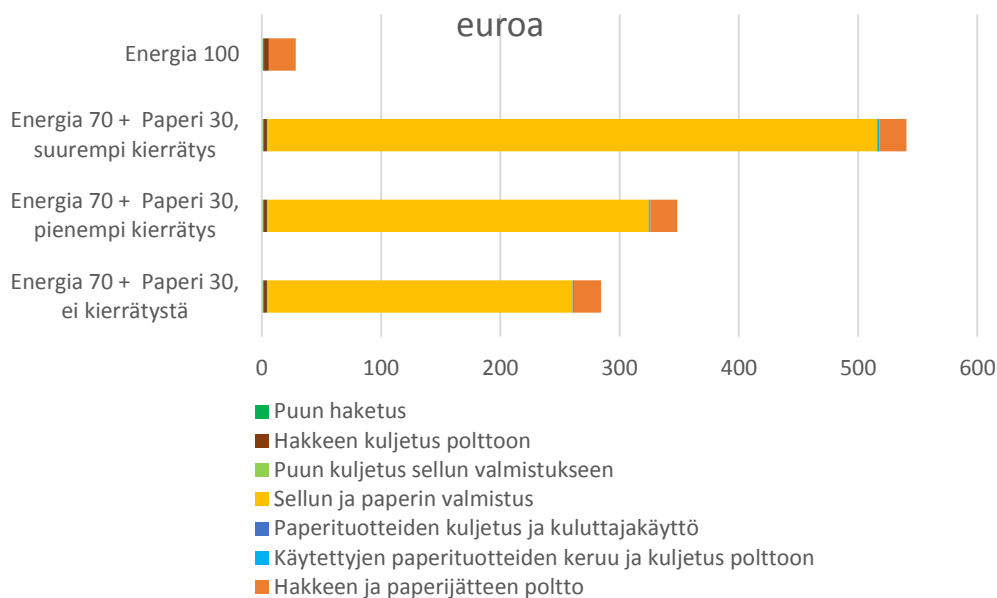
Pienimmät päästöt syntyivät, kun puuperäinen biomassa käytettiin välittömästi lämmöntuotannossa. Kaskadin eli käytännössä materiaalin hyödyntämisketjun kasvattaminen lisäsi materiaalin valmistusta ja kuljetusta ja siten niistä aiheutuvia päästöjä. Etenkin kuljetuksen osuus päästöistä oli kuitenkin kokonaisuudessaan varsin vähäinen.

Henkilötyövuotta kohden lasketut hiilidioksidipäästöt vähentyivät kaskadikäytön määrän kasvaessa. Ne olivat ketjussa 2 c. (kaskadikäyttö, suurempi kierrätys) noin viidenneksen pienemmät kuin ketjussa 1 (ei kaskadikäyttöä).

Paperin kierrätys mahdollistaa suuremman paperin tuotannon, mutta poltettavan biomassan määrä pysyy ennallaan. Kierrätys tehosti selvästi puuraaka-aineen käyttöä. Laskelma on teoreettinen myös tältä osin, sillä käytännössä on otettava huomioon sellu- ja paperiteollisuuden tuotantokapasiteetin rajallisuus alueella.

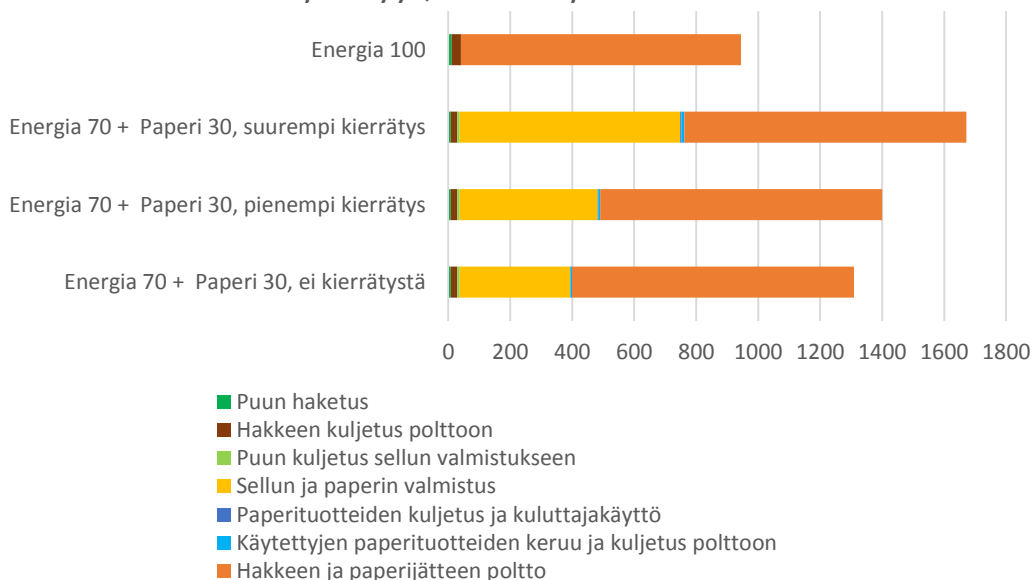
⁴¹ vrt. den Herder, M., Kolström, M., Lindner, M. Suominen, T., Tuomasjukka, D. & Pekkanen, M. 2012 Sustainability Impact Assessment on the Production and Use of Different Wood and Fossil Fuels Employed for Energy Production in North Karelia, Finland. *Energies* 2012, 5, 4870-4891. www.mdpi.com/journal/energies

Tuotannon arvo (tuotantokustannuksina), miljoonaa

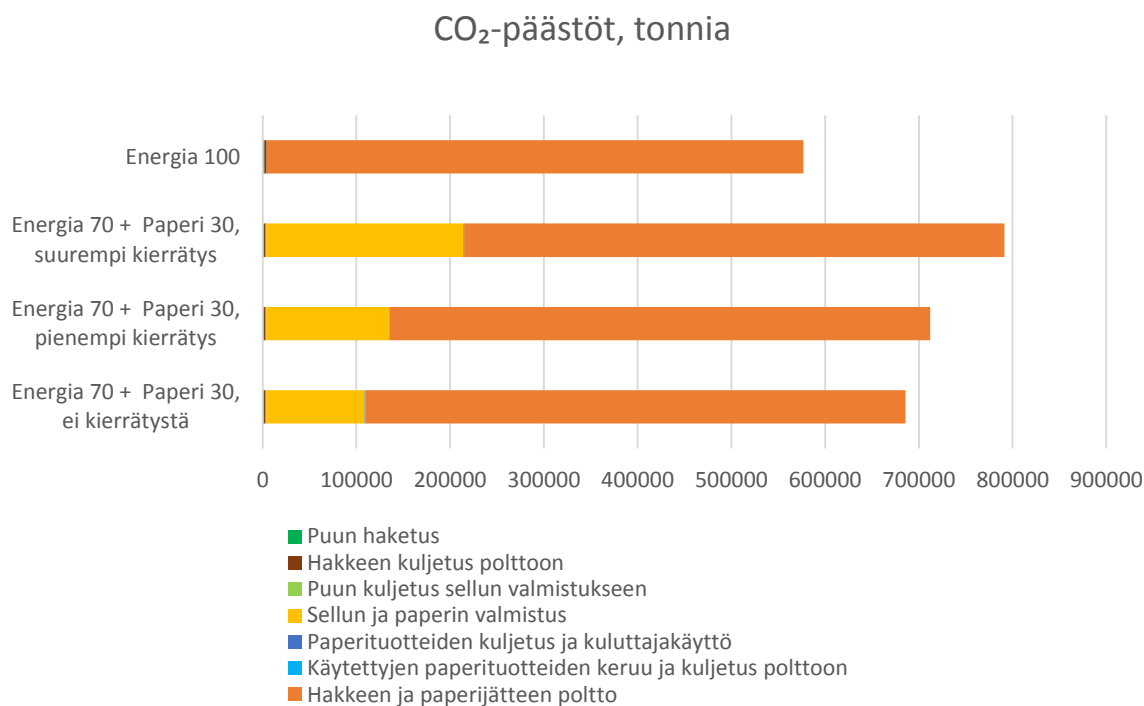


Kuva 9. Tuotantoketjujen euromääräinen arvo ToSIA-laskennan perusteella. Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa.

Työllisyys, henkilötyövuotta



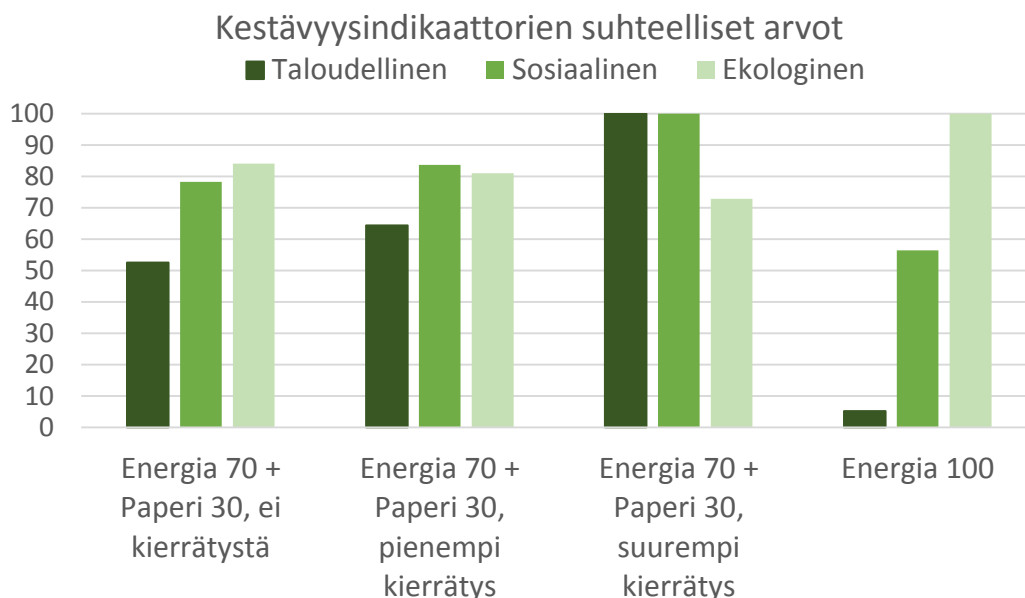
Kuva 10. Tuotantoketjujen työllisyysvaikutukset ToSIA-laskennan perusteella. Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa.



Kuva 11. Tuotantoketjujen ilmastopäästöt CO₂-tonneina ToSIA-laskennan perusteella.
Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa.

Kokonaisuuden kannalta olisi periaatteessa parasta, jos esimerkitapauksessa puu voitaisiin jalostaa ensin korkeamman jalostusarvon tuotteiksi ja vasta sitten polttaa. Tehdyssä tarkastelussa kaskadikäytön oletuksena oli kuitenkin, että kaikki tuotettu paperi voitaisiin käytön ja kierrätyksen jälkeen polttaa alueella. Käytännössä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, koska valtaosa Pohjois-Karjalassa tuotetusta paperista jatkojalostetaan ja käytetään alueen ulkopuolella. Tämä vaikuttaa myös paperinkierrätyksen hyödyntämismahdollisuuksiin.

Eri indikaattoreiden suhteelliset arvot on esitetty kuvassa 12. Kaskadikäytön tuottama taloudellinen lisäarvo on näin tarkasteltuna huomattava.



Kuva 12. Eri ketjujen kestävyysindikaattoreiden suhteelliset arvot ToSIA-laskelman mukaan. Arvo 100 kuvaa 'parasta' vaihtoehtoa. Case: Metsäenergia Pohjois-Karjalassa. Esimerkki on viitteellinen ja sen tarkoituksena on ensisijaisesti kuvata laskentamallin käyttöä

Esimerkkitapauksessa kyseessä oli pieniläpimittainen puu, joka ylittää niukasti kuitupuulta vaadittavan läpimitan. Todellinen markkinatilanne vaikuttaa siihen, onko puu hyödynnettävissä kuituna vai energiana.

Tarkastelussa ei otettu huomioon, että puu korvaa mahdollisesti fossiilista polttoainetta. ToSIA-laskentamalli mahdollistaa tarvittaessa myös tämän tyyppisen näkökulman. Fossiilisten raaka-aineiden korvaaminen uusiutuvalla bioraaka-aineella ei kuitenkaan täytä kaskadikäytön yleisimpiä määritelmiä.

- ToSIA-laskentamallia on käytetty monissa tutkimuksissa lähes vuosikymmenen ajan biotalouden kestävyiden analysoinnissa. Se soveltuu suppeista paikallisista tarkasteluista laajoihin kansainvälisiin tarkasteluihin.
- Laskentamallin tuotantoketjuihin perustuva rakenne mahdollistaa myös kaskadikäytön tarkastelun.
- Laskentamallin käyttökelpoisuus tiettyyn tarkoitukseen ratkeaa mm. sen mukaan, miten hyvin indikaattoreihin on saatavilla aineistoa, miten hyvin kiinnostavat arvoketjut on kuvattavissa ja tarpeellista aineistoa on saatavissa ketjun kultakin vaiheelta. Tämä koskee myös kaskadikäytön tarkastelua.
- ToSIA-laskentamallin testaamiseksi toteutettiin tapaustutkimus, jossa selvitettiin kestävyysvaikutuksia Pohjois-Karjalan alueella, kun tällaisesta puusta kilpailevat selluteollisuus ja lämmöntuotanto.
- Tapaustutkimuksessa oli neljä ketjua: suora energiakäyttö (ei kaskadikäyttöä) ja kolme kaskadikäyttöketjua, jossa puu hyödynnettiin ensin sellun ja paperin tuotannossa. Paperituotteet poltettiin eriateisen kierrätyksen jälkeen. Kaskadikäyttö nosti tuotannon arvoa, joka toimi taloudellisen kestävyiden indikaattorina. Sosiaalisen ja ekologisen kestävyiden indikaattoreihin kaskadikäytöllä oli pienemmät vaikutukset. Todellinen markkinatilanne vaikuttaa kuitenkin siihen, onko puu hyödynnettävissä kuituna vai energiana. Käytännössä valtaosa paperituotteista myös käytetään ja kierrätetään maakunnan ulkopuolella.
- Valitut indikaattorit vaikuttavat arvioihin. Kestävydestä on mahdollista saada monipuolisempi kuva indikaattoreita lisäämällä.

5 Johtopäätökset ja tarkastelu

5.1 Kaskadikäyttö kestävyyden näkökulmasta

Toiminnan kestävyyttä voidaan mitata erilaisilla indikaattoreilla, jotka ilmentävät taloudellista, sosiaalista ja ekologista kestävyyttä. Biomassan kaskadikäyttö on tässä mielessä toimintaa, jonka kestävyyttä voidaan mitata. Keskeisenä ongelmana on, ettei biomassan kaskadikäytölle ole vakiintunutta määritelmää.

Kaskadikäytön yleisperiaatteena on tuottaa biomassasta mahdollisimman korkean lisäarvon tuotteita. Biomassa etenee erilaisen materiaalikäytön kautta uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen, ennen kuin se lopulta käytetään energiantuotannossa. Kaskadin muodostuminen on kuitenkin epäselvää. On esimerkiksi esitetty, ettei kaskadikäyttöä synny, jos valmis tuote poltetaan välittömästi ilman uudelleenkäyttöä tai kierrätystä. Tällöin raakapuusta jalostetut polttoaineet eivät olisi kaskadin piirissä.

Eräissä yhteyksissä on väitetty, että kaskadikäyttö olisi kestävyyden edellytys. Tälle näkemykselle ei ole esitetty tarkempia perusteita eikä tällaista ole tuotu esille kaskadikäytön määritelmässä. Kaskadikäyttö edistää kestävyyden toteutumista parantaessaan resurssitehokkuutta.

Kaskadikäytöstä on useita määritelmiä, jotka ovat osin ristiriitaisia. Koska vakiintunut määritelmä puuttuu, ei ole myöskään yleisesti hyväksyttyjä tapoja puuperäisten tuotteiden kaskadikäytön toteutumisen mittaamiseen. Yksi keino mittaamisessa on kaskadikerroin, joka kertoo, kuinka paljon tuotetta on voitu valmistaa puuraaka-aineyksikköä kohti. Kaskadikerroin kuvaa pitkälti varsinaisen valmistuksen, kierrätyksen ja uudelleenkäytön määrää. Se ei kerro sinänsä toiminnan kestävyydestä.

EU-tasolla on esitetty, ettei kaskadikäytöstä olla tekemässä sitovaa. Sitä kuitenkin suositellaan eri yhteyksissä, mikä heijastunee myös käytännön päätöksentekoon. Toimet voivat näkyä esimerkiksi uudelleenkäytön ja kierrätyksen tukemisessa.

Suomessa lisäarvo syntyy hyödyntämällä puu mahdollisimman suuren jalostusarvon omaavien tuotteiden valmistuksessa. Sen sijaan kaskadin pituus tai monipolvisuus ei tuo useinkaan lisäarvoa, koska vaikutukset kohdistuvat valtaosin vientituotteisiin. Niiden loppukäytöllä ei ole vaikutusta puumateriaalin suomalaiseen kaskadiin.

Puun suora energiakäyttö nähdään kaskadikäytön kannalta ei-toivottuna. Se voi kuitenkin olla perusteltua sekä taloudellisesti että ympäristösyiden vuoksi. Pieniläpimittaiselle puun arvo jalostuksessa on useimmiten huono ja sillä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita. Suomen kansantalouden kannalta on tärkeää säilyttää mahdollisuudet hyödyntää raakapuuta energialähteenä.

5.2 ToSIA-laskentamallin soveltaminen

Puubiomassan kaskadikäytön tarkastelu onnistuu ToSIA-laskentamallin avulla hyvin. Puun hyödyntämistä kuvaava kaskadi on sisällytettävissä laskentamalliin kunkin tuotantoketjun mukaisena. Tarkasteluun on periaatteessa mahdollista ottaa mukaan kaikki metsien monikäyttömuodot.

ToSIA-laskentamallin käyttökelpoisuus tietyn kaskadin tarkasteluun on arvioitava tapauskohtaisesti. Tällöin on selvitettävä mm., miten hyvin indikaattoreihin on saatavilla aineistoa ja miten hyvin arvoketjut on kuvattavissa. Lisäksi aineistoa pitää olla saatavissa ketjun kultakin vaiheelta.

Perinteiseen elinkaarianalyysiin verrattuna ToSIA-laskentamalli on joustavampi ja monipuolisempi. Ympäristövaikutusten lisäksi taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset ovat huomioitavissa kokonaisuutena. Tuloksia arvioitaessa on syytä ottaa huomioon, millaisia kestävyysindikaattoreita on käytetty. Tulokset eivät myöskään ole tarkkoja vaan suuntaa-antavia.

Malli mahdollistaa laajuudeltaan hyvin erilaisten kaskadien analysoinnin. Kaskadikäyttöä on monissa tapauksissa syytä tarkastella yli valtioiden rajojen. Tällöin yhdenmukaisen, luotettavan tiedon saanti laskentaa varten voi olla hankalaa. Tämä ongelma on kuitenkin olemassa laskentamallista riippumatta. Hyvin laajojen tarkasteluiden teko on kaikissa tapauksissa vaativaa ja lisää virheiden riskiä laskennassa. Tulosten luotettavuus riippuu käytettävissä olevien lähtötietojen luotettavuudesta.

ToSIA-laskentamalli soveltuu tällä hetkellä parhaiten tutkijayhteisön käyttöön. Käytännön toimijoita ajatellen sen käyttöliittymää on vielä kehitettävä helppokäyttöisemmäksi. Saadun käyttökokemuksen perusteella prosessien ja ketjujen muodostaminen ToSIA Database Client –työkalulla ei ole kovin sujuvaa, mikä lisää virheriskiä. Itse ToSIA-laskennan teko on sen sijaan varsin helppoa.

Kappaleessa 4.1. kerrottu TMUG-ryhmä toimii kehittämisen tukena varsinaisen tutkimustyön ohessa. Ulkopuolinen lisäpanostus ToSIA-laskentamallin käytettävyyden parantamiseen edistäisi mallin laajempaa käyttöä. Tästä olisi hyötyä suomalaisten alue- ja valtakunnan tason kaskadikäyttöselvitysten teossa. Tämän tyyppinen kestävyys todentaminen on todennäköisesti jatkossa entistä tärkeämpää sekä kansallisesti että kansainvälisesti.

5.3 Case metsäenergia Pohjois-Karjalassa

Tapaustutkimuksessa tarkasteltiin pieniläpimittaisen puun hyödyntämistä Pohjois-Karjalassa. Esimerkki on viitteellinen ja sen tarkoituksena oli ensisijaisesti testata laskentamallin käyttöä. Mukana oli neljä ketjua: suora energiakäyttö ilman kaskadikäyttöä sekä kolme kaskadikäyttöketjua, joissa puu hyödynnettiin ensin sellun ja paperin tuotannossa. Paperituotteet poltettiin eriateisen kierrätyksen jälkeen.

Tuotantoketjujen vaikutukset kestävyteen poikkeavat toisistaan tarkastelussa käytetyillä indikaattoreilla. Suurin ero syntyi talouden osalta. Puun jalostaminen paperiksi tuotti suuret tuotantokustannukset verrattuna sen polttamiseen. Tuotantokustannukset ilmentävät tässä tuotannon rahallista arvoa, joka nousee jalostusasteen kasvun myötä. Tuotannon arvo ei kerro mitään sen kannattavuudesta. Tässä tapauksessa tuotanto oletettiin taloudellisesti kannattavaksi. Kannattamaton tuotanto ei ole taloudellisesti kestävä.

Sosiaalisia vaikutuksia ilmentävään työllisyyteen puunjalostus paperiksi toi selvästi pienemmän lisän kuin tuotannon arvoon. Siinä energiantuotanto oli suhteellisesti vahvempi kuin pääomavaltainen sellu- ja paperiteollisuus. Ekologisen kestävyden indikaattorina käytettiin ketjun tuottamaa hiilidioksidipäästöjen määrää. Kaikissa tapauksissa ketju päättyi biomassan hyödyntämiseen lämpöenergiana ja valtaosa päästöistä syntyi vasta tällöin.

Kestävydestä on mahdollista saada monipuolisempi kuva indikaattoreita lisäämällä. Esitetyssä Pohjois-Karjalan tapauksessa olisi kiinnostavaa selvittää taloudellista kestävyttä myös investointien määrän avulla. Ekologisen kestävyden lisäindikaattorina olisi vastaavasti luonnonvarojen kokonaiskäyttö. Sosiaalisen kestävyden näkökulmaa täydentäisi esimerkiksi palkkatarkastelu.

Tapaustutkimuksen tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että todellinen markkinatilanne vaikuttaa siihen, onko puu hyödynnettävissä kuituna vai energiana. Lisäksi valtaosa paperituotteista käytetään ja kierrätetään maakunnan ulkopuolella.

Esimerkissä kaskadikäytön tarkastelun rajaaminen maakuntatasolle heikensi arvion realistisuutta. Jatkoa ajatellen puun kaskadikäyttöä koskevat ToSIA-laskelmat lienee useimmissa tapauksissa tarkoituksenmukaisinta rajata vähintään valtakunnan tasolle mutta mieluiten esim. EU:n alueelle.

Lähteet

A new EU Forest strategy: conclusions adopted by the Council 19.5.2014

http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/agricult/142685.pdf

A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. Commission staff working document accompanying the document communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. 20.9.2013.

http://ec.europa.eu/agriculture/forest/strategy/staff-working-doc_en.pdf

A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. Commission staff working document - A blueprint for the EU forest-based industries accompanying the document communication from the commission to the European parliament, 20.9.2013.

http://ec.europa.eu/enterprise/newsroom/cf_getdocument.cfm?doc_id=8129

A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. Euroopan komissio 2013. Commission Staff Working Document Accompanying the document communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions, 16.1.2014.

http://ec.europa.eu/agriculture/forest/strategy/staff-working-doc_en.pdf

A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. Opinion of the Committee of the Regions –30.–31.1.2014.

<http://coropinions.cor.europa.eu/coropiniondocument.aspx?language=en&docnr=7115&year=2013>

Asikainen A., Ilvesniemi H., Sievänen R., Vapaavuori E. & Muhonen T. (toim.). 2012. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 240. 211 s.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.htm> .

Berg, S., Valinger, E., Lind, T. Suominen, T. & Tuomasjukka, D. 2016. Comparison of co-existing forestry and reindeer husbandry value chains in northern Sweden. Silva Fennica, Vol. 50, No. 1 article id 1384.

Bio-based products. CEN – Report on Mandate M/429: Final Report of CEN/BT/WG 209

ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/bio_basedproducts/BTWG209finalreport.pdf

Commission staff working document accompanying the document Communication on Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. 2012.

http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202_commission_staff_working.pdf

den Herder, M., Kolström, M., Lindner, M. Suominen, T., Tuomasjukka, D. & Pekkanen, M. 2012 Sustainability Impact Assessment on the Production and Use of Different Wood and Fossil Fuels Employed for Energy Production in North Karelia, Finland. Energies 2012, 5, 4870-4891; doi:10.3390/en5114870 www.mdpi.com/journal/energies

- den Herder, M., Kurttila, M., Leskinen, P., Lindner, M. & Haatanen, A. 2014. Bioenergiaa ja monimuotoisuutta vuonna 2020 ja sen jälkeen – bioE-bioD. Loppuraportti. European Forest Institute, Metsäntutkimuslaitos & Ympäristökeskus.
http://www.efi.int/files/attachments/projects/bioenergia_ja_monimuotoisuutta_2020_bioebiodl_oppuraportti.pdf
- Energia- ja ilmastotiekartta 2050. 16.10.2014. Parlamentaarisen energia- ja ilmastokomitean mietintö Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Energia ja ilmasto 31/2014
https://www.tem.fi/files/41174/Energia- ja_ilmastotiekartta_2050.pdf
- Energia-alan etenemissuunnitelma 2050. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle 15.12.2011. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN>
- Energy and climate goals for 2030. http://ec.europa.eu/energy/2030_en.htm
- Energy Roadmap 2050 (verkkosivu). http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/index_en.htm
- Essel, R., Breitmayer, E., Carus, M., Fehrenbach, H., von Geibler, J., Biengen, K. & Baur, F. 2014. Defining cascading use of biomass. Discussion paper. R&D-Project Increasing resource efficiency by cascading use of biomass - from theory to practice. Nova-Institut GmbH.
https://biomassekaskaden.de/wp-content/uploads/2014/04/14-03-14_Cascading_use_Discussionpaper.pdf
- Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. 20.9.2011.
http://www.motiva.fi/files/4882/Etenemissuunnitelma_kohti_resurssitehokasta_Eurooppaa.pdf
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä... 2008/98/EY. 19.11.2008. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32008L0098>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä... 2009/28/EY. 23.4.2009. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
- Euroopan parlamentin päätöslauselma 2. heinäkuuta 2013 innovointistrategiasta kestävää kasvua varten: biotalousstrategia Euroopalle (2012/2295(INI))
<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P7-TA-2013-0302+0+DOC+XML+V0//FI>
- For a European Industrial Renaissance. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions 22.1.2014
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52014DC0014>
- Fritsche, U. & Iriarte, L. 2014. Sustainability Criteria and Indicators for the Bio-Based Economy in Europe: State of Discussion and Way Forward. Energies 7: 6825-6836.
www.mdpi.com/1996-1073/7/11/6825/pdf
- Economy in Europe: State of Discussion and Way Forward. Energies 7: 6825-6836. Hetemäki, L. (ed.) 2014. Future of the European Forest-Based Sector: Structural Changes Towards Bioeconomy. What

Science Can Tell Us 6, 2014. EFI.

http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_wsctu_6_2014.pdf

Hyvä elämä maapallon resurssien rajoissa. Seitsemäs ympäristöä koskeva toimintaohjelma – vuoteen 2020 ulottuva yleinen unionin ympäristöalan toimintaohjelma

<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/fi.pdf>

Ilmasto- ja energiapolitiikan EU-vaikuttamisstrategia. Valtioneuvoston kanslia. 13.6.2012.

<http://vnk.fi/julkaisukansio/2012/j02-ilmasto/PDF/fi.pdf>

Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet vuosille 2020–2030. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. 22.1.2014.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=EN>

Implementation of 2020 EU Biodiversity Strategy: Priorities for the restoration of ecosystems and their services in the EU. Final report. January 2014.

<http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/RPF.pdf>

Innovointistrategia kestävää kasvua varten: Biotalousstrategia Euroopalle. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle 13.2.2012

http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202_innovating_sustainable_growth_fi.pdf

Joint statement on cascade use of wood. AEBIOM, CEPF, Copa Cogeca, ELO, European Pellet Industry, Eustafor. 25.11.2013

<http://www.aebiom.org/wp-content/uploads/2009/11/Joint-statement-on-cascade-use-of-wood-final.pdf>

Kansainvälisen metsäpolitiikan ja EU:n metsäasioiden painopisteet vuoteen 2015. Kansainvälisen metsäpolitiikan neuvottelukunnan toimikauden 2010–2012 loppuraportti

<http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kv/6EnCJTW7/MMM-KV-MEPO-loppuraportti-1-2013-WEB.pdf>

Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. 20.3.2013. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto 8/2013

http://www.tem.fi/files/36730/Energia- ja ilmastostrategia_2013_SUOMENKIELINEN.pdf

Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B. & Panoutsou, C. 2012. Cascading Use: Biomass beyond the Energy Sector. 3/2012

http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP8/D8.4%20Cascading%20biomass%20uses.pdf

Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella – Työryhmän esitys Kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja Konserni 33/2013

http://www.tem.fi/files/38426/TEMjul_33_2013_web.pdf

Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella, TEM, 33/2013

https://www.tem.fi/files/38426/TEMjul_33_2013_web.pdf

Kniivilä, M., Arovuori, K., Auvinen, A-P., Vihervaara, P., Haltia, E., Saastamoinen, O. & Sievänen, T. 2013. Miten mitata ekosysteemipalveluita: olemassa olevat indikaattorit ja niiden kehittäminen

Suomessa. PTT työpapereita 150. Helsinki 2013.

<http://ptt.fi/wp-content/uploads/2013/10/tp150.pdf>

Kohti Euroopan teollista renessanssia - Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueidenkomitealle 22.1.2014. www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/files/download/082dbcc54314a3a30143d31760f01ffd.do

Koistinen, A., Käär, L., Mäki, O. ja Tenhola, T. 2015. Metsien rooli EU:n biotalouden kehityksessä. Tapion raportteja nro 2.

<http://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/metsien-rooli-eun-biotalouden-kehityksessa-2/>

Kosenius, A-K., Haltia, E., Horne, P., Kniivilä, M. ja Saastamoinen O. 2013. Ekosysteempipalveluiden arvo? Esimerkkejä ja kokemuksia Suomen metsistä, soista, maatalousmaista ja sisävesistä. PTT raportteja 244. 103 s.

<http://ptt.fi/wp-content/uploads/2014/02/rap244.pdf> (englanniksi)

Laitila, J. & Väättäinen, K. 2011. Kokopuun ja rangan autokuljetus ja haketustuottavuus. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011: 107–126.

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff112107.pdf>

Lindner, M., Suominen, T., Palosuo, T., Garcia-Gonzales, J., Verweij, P., Zudin, S. & Päivinen, R. 2009. ToSIA—A tool for sustainability impact assessment of forest-wood-chains.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380009005651>

Maa- ja metsätalousvaliokunnan mietintö 5/2014 vp koskien valtioneuvoston metsäpoliittista selontekoa 2050. 13.5.2014

http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/mmvm_5_2014_p.shtml

Mantau, U. 2012. Wood flows in Europe (EU27). Project report. Celle 2012, 24 s.

<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf>

Mantau, U. et al. 2010. EUwood - Real potential for changes in growth and use of EUforests. Final report. Hamburg/Germany, June 2010.

http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/bioenergy/euwood_final_report.pdf

Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. 2nd Report – Final, February 2014.

http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/2ndMAESWorkingPaper.pdf

Martire, S., Tuomasjukka, D., Lindner, M., Fitzgerald, J. & Castellani, V. 2015. Sustainability impact assessment for local energy supplies' development – The case of the alpine area of Lake Como, Italy. Biomass and Bioenergy, Volume 83, December 2015, Pages 60-76.

Odegard, I., Croezen, H. & Bergsma, G. 2012. Cascading of biomass, 13 solutions for a sustainable biobased economy, CE Delft.

http://www.cedelft.eu/publicatie/cascading_of_biomass%3Cbr%3E13_solutions_for_a_sustainable_bio-based_economy/1277

Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the

Committee of the Regions. 3.5.2011.

http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/1_EN_ACT_part1_v7%5b1%5d.pdf

Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020. European Parliament resolution of on our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020 (2011/2307(INI)) 20.4.2012

http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/EP_resolution_april2012.pdf

Pirhonen, I., Heräjärvi, H., Saukkola, P., Rätty, T., & Verkasalo, E. 2011. Puutuotteiden kierrätys. Metlan työraportteja 191. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp191.pdf>

Päivinen, R., Lindner, M., Rosén, K., Lexer, M.J., 2012: A concept for assessing sustainability impacts of forestry-wood chains. European Journal of Forest Research, 131, 7-19.

Päätelmät ilmasto- ja energiapolitiikan puitteista 2030. Eurooppa-neuvosto 23.–24. 10.2014.

http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/fi/ec/145365.pdf

Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. 8.3.2011.

http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5db26ecc-ba4e-4de2-ae08-dba649109d18.0002.03/DOC_1&format=PDF

Roadmap to a Resource Efficient Europe. Commission staff working paper. Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe Part II accompanying the document communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. 20.9.2011.

http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/working_paper_part2.pdf

Saastamoinen, O., Kniivilä, M., Alahuhta, J., Arovuori, K., Kosenius, A-K., Horne, P., Otsamo, A. & Vaara, M. 2014. Yhdistävä luonto: ekosysteemipalvelut Suomessa. Publications of the University of Eastern Finland. Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences. Number 15. Joensuu.

http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1426-2/urn_isbn_978-952-61-1426-2.pdf

Sokka, L., Koponen, K & Keränen J. T. 2015. Cascading use of wood in Finland – with comparison to selected EU countries. Research report VTT-R-03979-15.

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2015/VTT-R-03979-15.pdf>

State of play on the sustainability of solid and gaseous biomass used for electricity, heating and cooling in the EU. Commission staff working document. 28.7.2014.

http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/doc/2014_biomass_state_of_play.pdf

Study on the Wood Raw Material Supply and Demand for the EU Wood-processing Industries (European Commission, Enterprise and Industry Directorate General) Indufor. 4.12.2013.

<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/11920?locale=fi>

Suomen biotalousstrategia – Kestävää kasvua biotaloudesta. 2014.

http://www.tem.fi/files/39756/TEM_Biotai.pdf

Suomen talouden materiaalivirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030. Ympäristöministeriön raportteja 26/2013.

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/40781>

Sustainable Forest Management- Criteria & Indicators - Final report .Sanding Forestry Committee [EU] ad hoc Working Group. 30.7.2015.

http://ec.europa.eu/agriculture/forest/publications/pdf/sfcci-report_en.pdf

The 2020 climate and energy package (verkkosivu)

http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm

The Roadmap to a Resource Efficient Europe (verkkosivu).

http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm

Tiivistelmä vaikutusten arvioinnista: Ilmasto- ja energiapolitiikan puitteet vuosille 2020–2030. Komission yksiköiden valmisteluasiakirja. 22.1.2014. Oheisasiakirja komission tiedonantoon Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0016&from=EN>

Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions. 2.7.2014

<http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/circular-economy-communication.pdf>

Towards a Sustainable Bioeconomy - Innovative Methods and Solutions for the Agriculture and Forest Sectors. CASTLE Conference. Barcelona, 21–23.10.2015.

Uusi EU:n metsästrategia: metsien ja metsäalan puolesta. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle 4.4.2014.

www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/files/download/082dbcc5452b148401452d3378d000e7.do

Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä. 518/2014.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140518>

Valtioneuvoston metsäpoliittinen selonteko 2050. 19.2.2014.

http://www.mmm.fi/attachments/metsat/metsapoliittinen_selonteko/yxR4gH8ZH/140205_metsapoliittinen_selonteko.pdf

Vis, M.W., Reumerman, P. & Gärtner, S. 2014. Cascading in the wood sector. BTG biomass technology group. B.V.

http://www.platformhout.nl/Cascading_wood_sector_final_report_BTG_March_2014.pdf

Wolfslehner, B., Brüchert, F., Fischbach, J., Rammer, W., Becker, G., Lindner, M. & Lexer, M.J. 2012. Exploratory multi-criteria analysis in sustainability impact assessment of forest wood chains – the example of a regional case study in Baden-Württemberg. European Journal of Forest Research 131(1), 47-56.

Liitteet

Liite 1 A. Kestävän metsätalouden kriteerit ja niiden indikaattorit Suomessa

Lähde: Luonnonvarakeskus 2015 <http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/criteria.htm>

Suomen metsien kestävyys arviointi tapahtuu yleiseurooppalaisen kriteeristön ja indikaattorikokoelman avulla. Eräissä asiayhteyksissä on tehty kansallisia lisämittareita, tai muutettu yleiseurooppalaista indikaattoria vastaamaan paremmin kansallisia olosuhteita.

Kestävän metsätalouden indikaattorit mittaavat kriteerien toteutumista, ja ne koostuvat kolmesta eri osasta:

- 1) yleiset toimintaperiaatteet metsätaloudessa
- 2) kuvailevat indikaattorit
- 3) määrälliset indikaattorit.

Yleisillä toimintaperiaatteilla ja kuvailevilla indikaattoreilla tarkoitetaan ohjauskeinoja, toimenpiteitä ja sopimuksia kestävyys edistämiseksi. Niillä kuvaillaan myös sanallisesti ilmiöitä tai asiaa ja sen tilaa. Kuvaileviin indikaattoreihin kuuluvat:

- lainsäädännölliset ohjauskeinot - mm. metsälaki, luonnonsuojelulaki, maankäyttö- ja rakennuslaki, poronhoitolaki
- institutionaaliset järjestelyt - mm. lakien valvonta, metsäpoliittiset keinot ja metsäohjelmat, kansainväliset sopimukset, organisaatiot
- taloudelliset ohjauskeinot - mm. rahoitus- ja tukimuodot, metsäverotus
- tiedolliset ohjauskeinot - mm. tiedonkeruujärjestelmät, tutkimus, koulutus- ja neuvontatoiminta, ohjeistus, eri organisaatioiden yhteistoiminta

Kriteerit ja niiden indikaattorit

(Kuvailevat indikaattorit on merkitty kirjaimella B.)

Kriteeri 1 Metsävarat

- Metsäalan säilyttäminen ja lisääminen B.1
- Metsäpinta-ala (1.1)
- Puuston määrä (1.2)
- Metsien ikäluokkarakenne (1.3)
- Metsien hiilitasapainon ylläpitäminen B.2
- Metsien hiilivarasto (1.4)
- Puuperäisten polttoaineiden käyttö (6.9)
- Puun käyttö rakentamisessa (lisäindikaattori)

Kriteeri 2 Terveys ja elinvoimaisuus

- Metsien terveyden ja elinvoimaisuuden ylläpitäminen B.3
- Ilman epäpuhtauslaskelmat (2.1)
- Maaperän kemiallinen tila (2.2)
- Puiden harsuuntuminen (2.3)
- Metsätuhot (2.4)
- Ilmastonmuutoksen mahdolliset vaikutukset metsiin (lisäindikaattori)

Kriteeri 3 Tuotanto ja käyttö

- Puun tuotannon turvaaminen B.4
- Puuston kasvu ja poistuma (3.1)
- Vuotuisten markkinahakkuiden määrä ja arvo (3.2)
- Metsäsuunnittelun kattavuus (3.5)
- Palvelujen ja muiden kuin puutuotteiden turvaaminen ja lisääminen B.5
- Ekosysteemipalvelut (lisäindikaattori)
- Metsien muut kuin puutuotteet (3.3)
- Maksulliset palvelut (3.4)
- Virkistyspalvelujen saatavuus (6.10)

Kriteeri 4 Monimuotoisuus

- Metsien monimuotoisuuden turvaaminen ja lisääminen B.6
- Puulajikoostumus (4.1)
- Metsänuudistaminen (4.2)
- Luonnonmetsät (4.3)
- Ulkomaiset puulajit (4.4)
- Kuollut puuaines (4.5)
- Geenivarat (4.6)
- Metsäpeite maisematasolla (4.7)
- Uhanalaiset metsälajit (4.8)
- Suojellut metsät (4.9)

Kriteeri 5 Suojametsät

- Metsien suojatoimintojen ylläpitäminen ja lisääminen B.7
- Metsärajametsät (5.1)
- Suojametsät – infrastruktuuri ja hoidetut luonnonvarat (5.2)
- Metsätalouden vesistövaikutukset (lisäindikaattori)

Kriteeri 6 Yhteiskunnallinen ja taloudellinen merkitys

- Metsätalouden taloudellisen kannattavuuden ylläpitäminen B.8
- Metsänomistus (6.1)
- Metsäsektorin osuus bruttokansantuotteesta (6.2)
- Yksityismetsätalouden puuntuotannon liike-tulos (6.3)
- Metsien julkiset hyödykkeet (6.4)

- Metsäteollisuustuotteiden kulutus (6.7)
- Puun ja metsäteollisuustuotteiden ulkomaankauppa (6.8)
- Metsäsektorin työllisyyden ja työturvallisuuden edistäminen B.9
- Metsäsektorin työvoima (6.5)
- Työturvallisuus ja –terveys (6.6)
- Kansalaisten vaikutus- ja osallistumismahdollisuuksien turvaaminen B.10
- Metsäalan tutkimus, opetus ja koulutus B.11

Liite 1 B. Kestävän metsätalouden kriteerien avainindikaattorit EU:ssa (työryhmän ehdotus)

Lähde: Sustainable Forest Management- Criteria & Indicators - Final report .Sanding Forestry Committee [EU] ad hoc Working Group. 30.7.2015.

http://ec.europa.eu/agriculture/forest/publications/pdf/sfcci-report_en.pdf

(numerointi kuten liitteessä 1 A)

HORIZONTAL (ec-env-soc)	- Forest area (1.1) - Growing stock (1.2) - Increment and fellings (3.1) - Forests under management plan or equivalent instruments (3.5) - Protective forests (5.1 and 5.2)
ENVIRONMENTAL	- Forest damage (2.4) - Carbon stock (1.4) - Protected forests (4.9) - Deadwood (4.5) - Tree species composition (4.1)
SOCIO-ECONOMIC	- Net revenue (6.3) - Workforce (6.5) - Bioenergy production (6.9) - Wood consumption (6.7) - Trade in wood (6.8)

Liite 2. Kaskadikäytön määritelmiä (alkuperäiset tekstilainaukset)

- (1) *The principle of cascading use is based on single or multiple material uses followed by energy use through burning at the end of life of the material, including taking into account the greenhouse gas emissions (GHG) mitigation potential. By-products and wastes from one production process are used to feed into other production processes or for energy.*⁴²
- (2) *Cascade use is defined as multiple use of the wood resources from trees by using residues, recycling (utilization in production) resources or recovered (collected after consumption) resources.*⁴³
- (3) *[Cascade factor: The overall use of wood raw material divided by the roundwood consumption.]
Cascading use: Cascading use of biomass is a principle, where products with higher value added are produced first and energy at a later stage of the production chain.*⁴⁴
- (4) *The concept of cascading the use of biomass is applicable when there is a linear system in which biomass progresses through a series of material uses, by reuse and recycling, before finally being used for energy recovery.*⁴⁵

⁴² Commission staff working document accompanying the document Communication on Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. 2012.

http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202_commission_staff_working.pdf

⁴³ Mantau, U. 2012. Wood flows in Europe (EU27). Project report. Celle 2012, 24 s.

<http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/CEPIWoodFlowsinEurope2012.pdf>

⁴⁴ Study on the Wood Raw Material Supply and Demand for the EU Wood-processing Industries (European Commission, Enterprise and Industry Directorate General) Indufor. 4.12.2013.

<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/11920?locale=fi>

⁴⁵ Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B. & Panoutsou, C. 2012. Cascading Use: Biomass beyond the Energy Sector. 3/2012

http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP8/D8.4%20Cascading%20biomass%20uses.pdf

Liite 2. Jatkuu.

- (5) *Cascading use of biomass takes place when biomass is processed into a bio-based final product and this final product is used at least once more either for materials or energy. Cascading use of biomass is described as single-stage, when the bio-based final product is directly used for energy. Cascading use of biomass is described as multi-stage when biomass is processed into a bio-based final product and this final product is used at least once more as a material. It is only after at least two uses as a material that energy use is permitted.*⁴⁶
- (6) *A cascade contains one or more products that generate one or more services expressed in functional units that take place after each other in time. The products in a cascade are linked with each other by cascading actions like initial production, product reuse, material recycling or preparation for energy use. Cascading actions require labour, materials, energy and investments and can cause carbon emissions. These are the inputs needed to make the service by the subsequent functional unit possible. The first cascading action is the production with fresh raw materials, the last cascading action is the preparation for end use (incineration, energy generation, landfill). After product reuse the functional unit does not change, after material recycling a new type of functional unit is introduced in the cascade that provides a different service. The total lifetime of the cascade is the duration of all functional units provided by the cascade.*⁴⁷

⁴⁶ Essel, R., Breitmayer, E., Carus, M., Fehrenbach, H., von Geibler, J., Biengen, K. & Baur, F. 2014. Defining cascading use of biomass. Discussion paper. R&D-Project Increasing resource efficiency by cascading use of biomass - from theory to practice. Nova-Institut GmbH.

https://biomassekaskaden.de/wp-content/uploads/2014/04/14-03-14_Cascading_use_Discussionpaper.pdf

⁴⁷ Vis, M.W., Reumerman, P. & Gärtner, S. 2014. Cascading in the wood sector. BTG biomass technology group. B.V. http://www.platformhout.nl/Cascading_wood_sector_final_report_BTG_March_2014.pdf

Liite 3. ToSIA-laskentamallia hyödyntäneitä tapaustutkimuksia

1. [European Forest Wood Chain](#) (EFORWOOD)
2. [Scandinavian production driven case](#) (EFORWOOD)
3. [Iberian product driven case](#) (EFORWOOD)
4. [Baden Württemberg regional case](#) of both production and consumption (EFORWOOD)
5. [Bioenergy case study](#) in North Karelia, Finland (Northern ToSIA)
6. [Reindeer husbandry and forestry interaction case study in Malå](#), Sweden (Northern ToSIA)
7. [Cairngorm National Park case study in Scotland](#) (Northern ToSIA)
8. [Case study in Norway](#) (Northern ToSIA)
9. [BioE-BioD alternative resource use case](#) in Finland (BioE-BioD)
10. Local bio energy case for Lake Como Region.

Lisätietoja hankkeista

- EU-projekti EFORWOOD www.innovawood.com/eforwood/
- The Northern Periphery Programme -projekti [Northern ToSIA](#),
- [BioE-bioD](#) – projekti (Metsämiesten Säätiön rahoituksella)

Liite 4. ToSIA –laskelmassa käytetyt lähtöarvot prosesseittain

ENERGIAPUUN HAKETUS (VÄLIVARASTOLLA)*		
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus haketuksessa	55 m ³ /ha	
Käyttökustannukset	2,80 €/m ³	
Haketta henkilötyövuodessa	64350 m ³ /vuosi	
Dieselpolttoaineen kulutus	1,08 l/m ³	
CO ₂ päästöt	0,08 kg/m ³	
HAKKEEN KULJETUS LÄMPÖLAITOKSEEN*		
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus kuljetuksessa	13,11 m ³ /ha	
Käyttökustannukset	5,73 €/m ³	
Kuljetettu henkilötyövuodessa	23606,56 m ³ /vuosi	
Dieselpolttoaineen kulutus	1,28 l/m ³	
CO ₂ päästöt	0,09 kg/m ³	
PUUTAVARAN KULJETUS SELLU- JA PAPERITEHTAASEEN*		
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus kuljetuksessa	14,25 m ³ /ha	
Käyttökustannukset	5,62 €/m ³	
Kuljetettu henkilötyövuodessa	25641,03 m ³ /vuosi	
Dieselpolttoaineen kulutus	1,35 l/m ³	
CO ₂ päästöt	0,10 kg/m ³	
PAPERITUOTTEIDEN KULJETUS JA KÄYTTÖ**		
	(oletus: käytöstä ei päästöjä)	
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus kuljetuksessa		9,97 tn/h
Käyttökustannukset		8,03 €/tonni
Kuljetettu henkilötyövuodessa		17948,72 tn/vuosi
Dieselpolttoaineen kulutus		1,93 l/tonni
CO ₂ päästöt		0,14 kg/tonni

KÄYTETTYJEN PAPERITUOTTEIDEN KERUU JA KULJETUS**		
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus kuljetuksessa		9,97 tn/h
Käyttökustannukset		8,03 €/tonni
Kuljetettu henkilötyövuodessa		17948,72 tn/vuosi
Dieselpolttoaineen kulutus		1,93 l/tonni
CO ₂ päästöt		0,14 kg/tonni

SELLUN JA PAPERITUOTTEIDEN VALMISTUS***		
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus valmistuksessa		0,33 tn/h
Tuotantokustannukset		1216 €/tonni
CO ₂ päästöt (valmistetulle paperille)		200 kg/tn

HAKKEEN JA JÄTEPAPERIN POLTTO***		
Työntekijän tunnit	1800 h/vuosi	
Työn tuottavuus poltossa	htv/1000	
Tuotantokustannukset	0,6 MWh	1,08 MWh/h
CO ₂ päästöt		15 €/MWh
		380 kg/MWh

ARVOJA***	
1 m ³ puuta painaa tuoreena	700 kg
1 m ³ :stä puuta syntyy energiaa	2025 kWh/m ³
1 kg:sta sanomalehtipaperista energiaa	18,5 MJ/kg
1 tn paperia vaatii puuta	334 kg
1 tn paperia vaatii kierrätyspaperia	1200 kg
1 m ³ puuta sisältää hiiltä	210 kg
1 m ³ puuta poltosta syntyy hiilidioksidia	770 kg
1 tn paperia poltosta syntyy hiilidioksidia	367,4 kg

Lähteet:

* Laitila, J. & Väättäin, K. 2011. Kokopuun ja rangan autokuljetus ja haketustuottavuus. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011: 107–126.

** Oletus käyttäen em. lähteen tietoja

*** Tilastot: Luke 2013–14 ja Metsäteollisuus ry. Luvut arvioita näiden pohjalta.



Pohjoinen Rautatiekatu 21 B
00100 Helsinki
Puh. 0294 32 6000
tapio@tapio.fi

www.tapio.fi